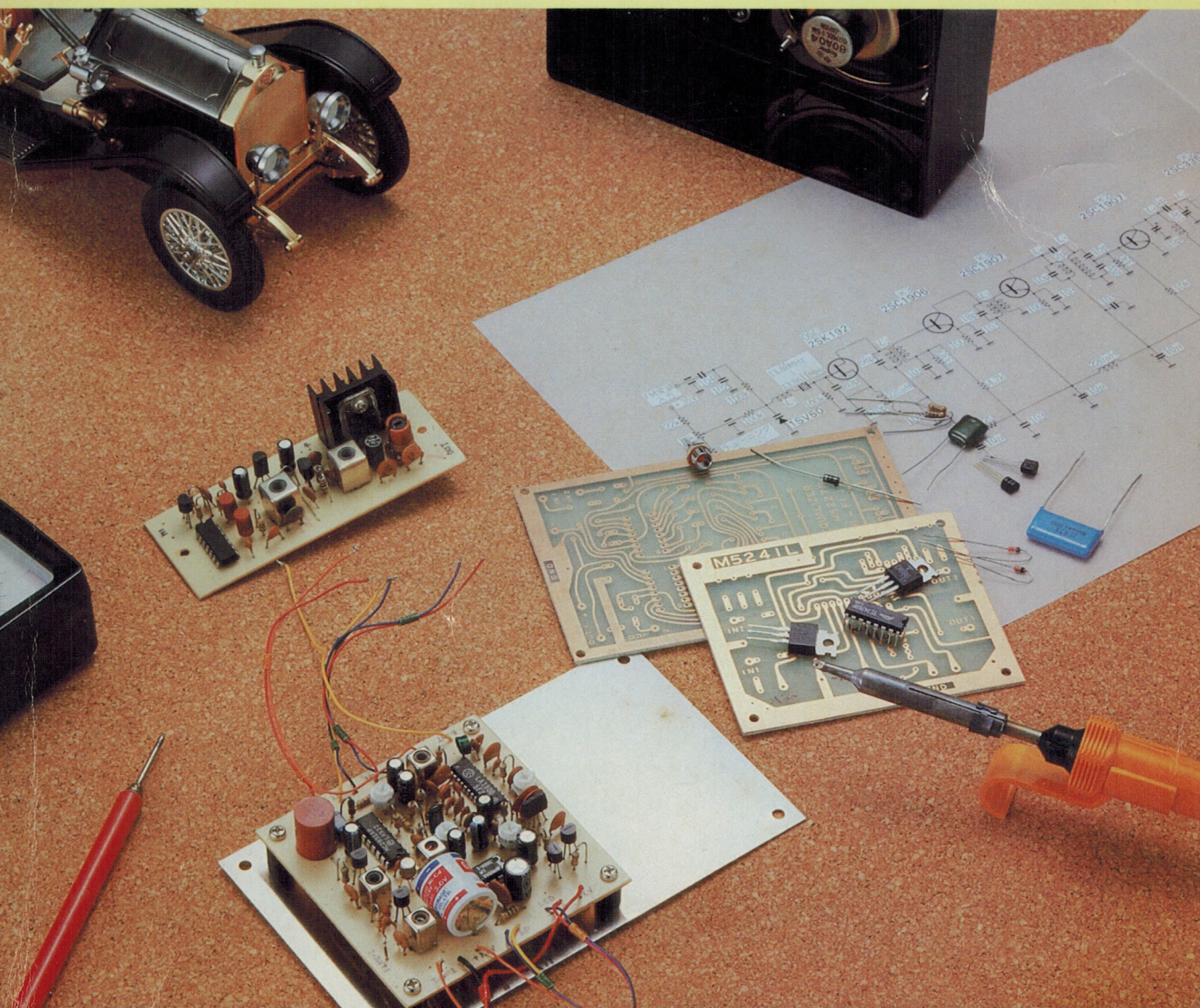
昭和62年4月1日発行
(毎月1回1日発行) 4月号通巻656号
昭和21年12月27日第三種郵便物認可

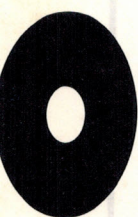
特集＝実践・エレクトロニクス製作入門

- ■スイッチドキャパシタフィルタの実験
- ■新連載・リモコンシステムの実験と応用
- ディジタル・ビデオ回路技術入門

1987
4

初の8

TOA
8 TRACK MULTI RECORDING SYSTEM MR-8T
EJECT
SA
TDK
High Bias
70μsEQ
46
TRACK 1
REC
dbx
DYNAMIC RANGE EXPANSION
& NOISE REDUCTION SYSTEM
REC
REC
REC LEVEL
MONI PAN
PITCH CONT
PULL ON
MEMORY
ZERO
TIME
RESET
COUNTER
STOP MODE
MONI LEVEL

世界に先がけ コンパクトカセットによる8トラック マルチレコーダー、デビュー。

サウンド クリエイションの フィールドが、いま大きく広がった。カセットテープを使った8トラックレコーダー・MR-8Tの登場である。独自の録音ヘッド構造で音漏れのない8トラックの同録を可能にしたばかりか、パートやフレーズごとに音入れできるパンチイン／パンチアウト機能や8つのトラックを縦横に駆使したピンポン録音の機能を搭載。簡単なミキサー機能も持っているので、ステレオへのミックスダウンも可能だ。たったひとりでマルチプレイをするも良し、仲間とのデモテープづくりもますます面白くなってきた。●モニターレベル コントロール、パンポット装備●12点LEDピークレベルメーター●録・再生時間が表示できる電子式テープカウンター●dbxノイズリダクション●エフェクタが接続できるアクセサリセンド、リターン端子●電子楽器のMIDI信号によるシンクロ演奏も可能 ●±10%の範囲でテープスピードを変えられるピッチコントロール ●EIAラック 4サイズのコンパクト設計 ●標準価格………248,000円

伝統36年の実践教育と資格取得の開かれたキャンパス

社会人のための技術教育！入学生募集

夜間部

専修学校の卒業資格・国家資格が欲しい方

●夜間6:00〜9:00●願書S62・4・10受付締切●資料──無料送付

	学科名	取得可能ライセンス	期間	入学資格
情報系	情報処理専科	情報処理技術者２種(受験)	1年	学歴不問
	マイクロコンピュータ科	マイクロコンピュータ応用システム開発技術者(受験)	1年	高卒以上
電子系	電子工学科(郵政省認定)	第２級無線技術士(予備免除)	2年	高卒以上
	映像音響技術科	家庭用電子修理技術者(受験)	1年	学歴不問
電気系	電気工学科(通産省認定)	第２種電気主任技術者(認定)	2年	高卒以上
	電気工事士科(通産省認定)	電気工事士(認定)	1年	学歴不問

実用講座

短期に技術修得・資格取得を希望する方

●1〜3ヵ月でマスター●週1〜2日●夜間6:20〜8:50

		講座名	開講日	回数	受講料
夜間	ソフト系	コンピュータ基礎	4/14〜 6/16〜 9/8〜 11/17〜 1/13〜	10回	35,000円
		コボル・S・P入門	4/14〜 9/8〜 1/13〜	20回	63,000円
		フォートラン・プログラミング入門	4/14〜 9/8〜 1/13〜	20回	63,000円
		パソコン・BASIC	4/14〜 9/8〜 1/13〜	20回	67,000円
		パソコン・データベース	4/14〜 9/8〜 1/13〜	12回	45,000円
		パソコン・ワープロ	4/14〜 9/8〜 1/14〜	10回	25,000円
		C言語入門	4/14〜 9/8〜 1/13〜	16回	55,000円
		C言語応用	4/14〜 9/18〜 1/13〜	10回	39,000円
		マイクロコンピュータ制御	4/14〜 9/18〜 1/13〜	15回	58,000円
	ハード系	ディジタル技術入門	4/14〜 9/18〜 1/13〜	15回	43,000円
		ディジタルIC中級	4/14〜 9/18〜 1/18〜	10回	39,000円
		シーケンス制御	4/14〜 9/18〜 1/15〜	10回	37,000円
	受験対策講座	情報２種直前対策	9/2〜 1/13〜	15回	36,000円
		高圧電気工事技術者受験対策	10/17〜	10回	49,000円
		電験３種受験対策	5/23〜	10回	49,000円
		電気通信工事担任者受験対策	5/23〜 1/13〜	13回	(２種)34,000円 (３種)31,000円
土・日曜昼間		人工知能とRUN／PROLOG	毎月開講 開講日・時は問合せ下さい。	1.5日	(ソフト付)40,000円 (受講のみ)20,000円
		RUN／C入門			〃
		RUN／FORTRAN入門			〃
		ワープロ集中講座			15,000円
土曜昼間		COBOL土曜日8週間コース	4/18〜 8/29〜 1/16〜	8回	70,000円
		COBOL土曜日(応用)8週間コース	6/13〜 11/7〜	8回	70,000円

社外技術研修に最適!!
貴社の社員技術教育を御引き受けします。

講座案内書は無料でお送りします。
電話申込みができます。

★案内書請求➡
★受講申込み➡
★内容問合せ➡

社会教育センター事務局
☎371-3550

学校法人 電子学園
日本電子専門学校・社会教育センター

〒160 東京都新宿区百人町1−25(国電大久保駅2分) ☎363-7761(代)

どの

浅田飴は生薬である桔梗根、吐根、麻黄、薬用人参の成分がせきをしずめたんをきります。

浅田飴
クール／ニッキ

エレクトロニクスライフ〔目次〕

1987
4

発行——日本放送出版協会

口絵

特集

製作

オーディオ/ビデオ

連載

製品使用レポート

表紙・構成:道吉 剛 撮影:豊田靖雄

アメリカ・ワシントンD.Cにおける
ハイビジョンの地上

ハイビジョンの持つ高画質，広範囲な産業分野への応用が可能なこと，等の優れた特性が認識されるにつれて，実用化の動きが世界的に高まってきている。

米国の放送事業者の連合体であるNAB*[1]，MST*[2]は，NHKの開発したMUSE方式を用いて，UHFの地上放送による，ハイビジョン放送の可能性を検討するため本年1月ワシントンD.Cにおいて実験を行った。

NHKでは，これに対し，機材人員等について協力を行った。*[3] 以下実験の概要について述べる。

送信点（地上高約100m）
WWHD-TV局
約6km
約9km
FCC
NAB
Hecht's デパート
上院議員会館
ポトマック川
ワシントン記念碑
議事堂

〔図1〕送・受信点の位置関係

▲送信点：WUSA局（VHF・CH9）外観（送信アンテナは画面中央の鉄塔上約100mに設置）

1．実験系統

送・受信点の位置関係を図1に，主要パラメーターを表1に示す。

送信設備（VTR，MUSEエンコーダ，送信機等）は市の中心部から北西に約9km離れた丘陵地帯にある地元のVHF局，WUSA（CH9）内に設けた。

FCC*[4]より与えられた実験局のコールサインはWWHD-TVであり，アメリカ人のユーモア感覚に感じ入った次第である。

受信点はFCC，NAB，および上院議員会館の3ヶ所である。受信アンテナは，八木アンテナとほぼ同性能の垂直方向のみカーブのついた（一次元の）パラボラ型で，放射器は使用チャネル58，59に同調をとってある。

受信された電波は，AM復調器，MUSEデコーダを経て32″，50″，120″等のディスプレイに供給される。音声はステレオを基本とし，映画など一部の番組では，マトリクス4chも用いられた。受信点では放送の他に，パッケージ系としてビデオディスク，MUSE・VTR等も用いられた。

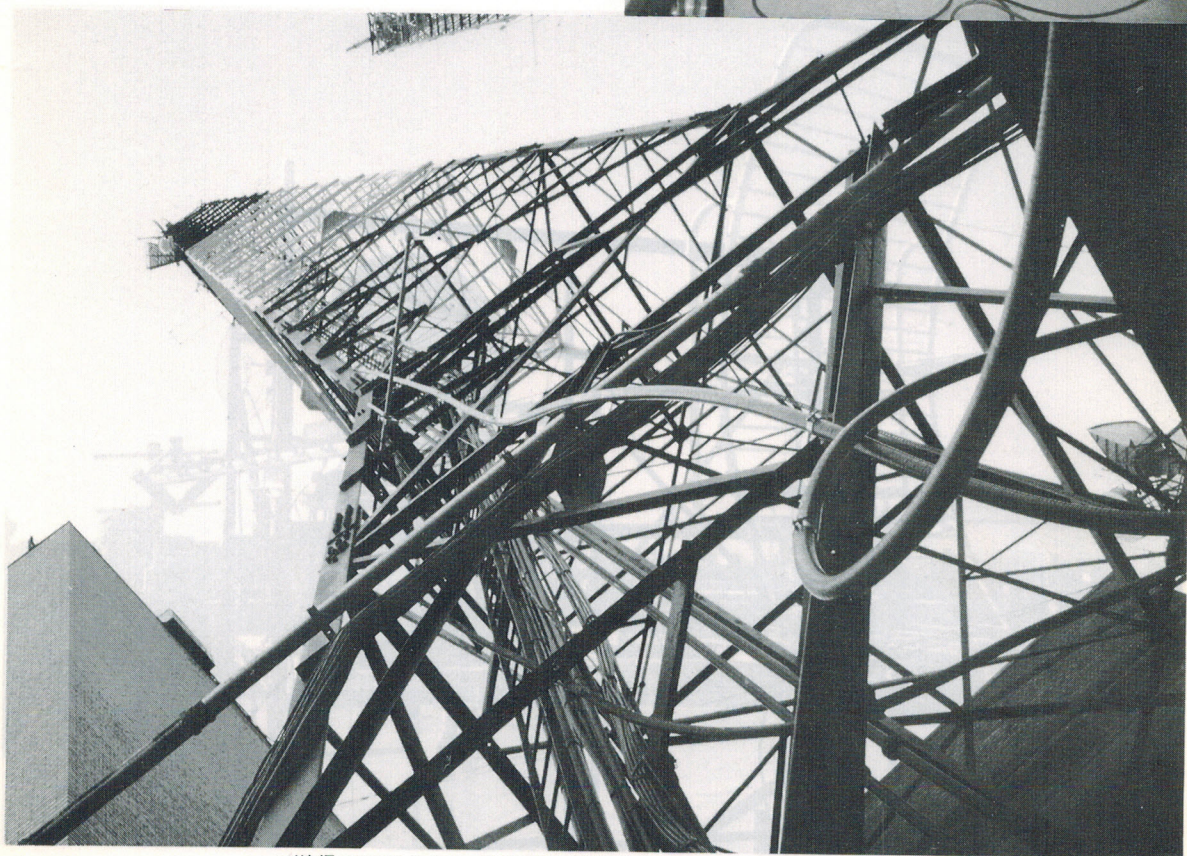
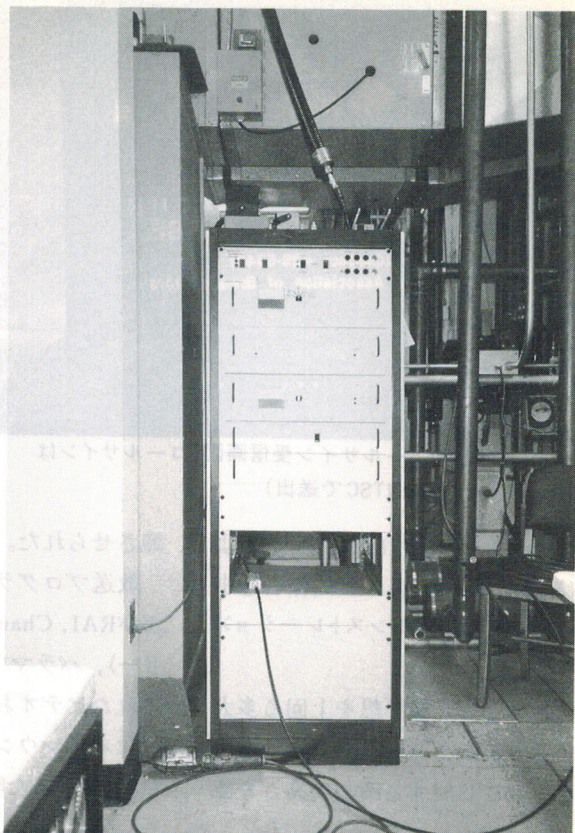
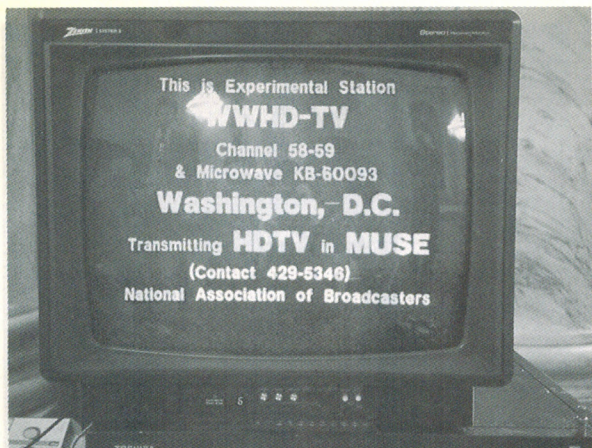
受信画質については当初はビルによるゴースト発生が心配されたが，伝搬状況調査の結果アンテナ

放送実験

位置を選ぶとともに，ベースバンドでゴーストキャンセルを行う事により，実用上十分な画質を得る事ができた。

2．デモンストレーション

NAB(1/7～1/29)は常設受信，デモ会場として，種々の技術的検討を行うとともに，政府・議会・官公庁，放送界，産業界，映画・番組制作業界，広告・宣伝業界，等の関係者に広く公開した。また，FCC(1/7～1/13)，議員会館（1/

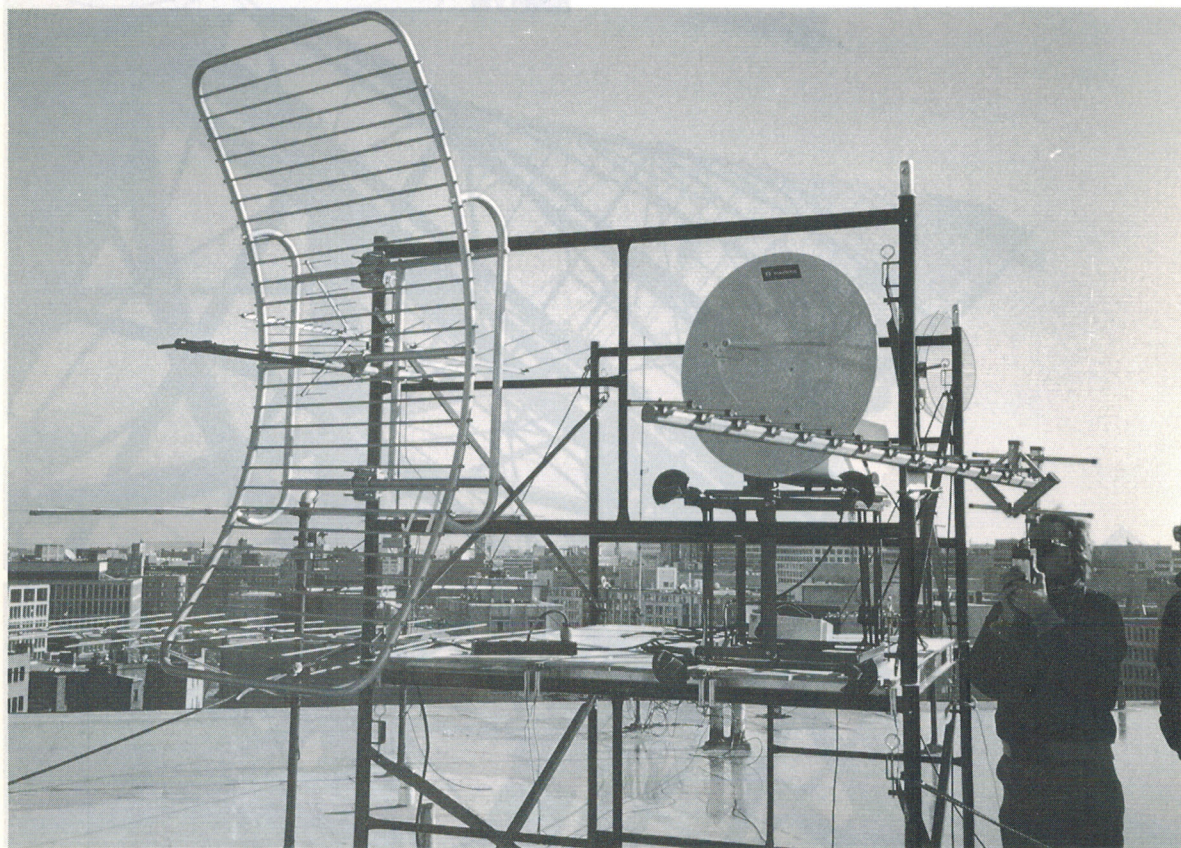
▶ＵＨＦ送信器
米国ITS社製・出力50W（上部にフィーダの結合部が見える。右側の銅管はVHF(CH9)用のダミーロード）

▲送信アンテナとフィーダ(鉄塔途中にホーンアンテナが見える)

▲実験局コールサイン受信画面（コールサインはNTSCで送出）

▲NABビル外観（塔屋上にアンテナが見える。送信局は建物の左後方）

21）では，それぞれ電波行政，および上・下両院議員，議会関係者を中心に，特別にデモンストレーションを行った。

両者とも当初予想を上回る多大の参加者があり，あらためてハイビジョンに対する関心の高さを認識させられた。

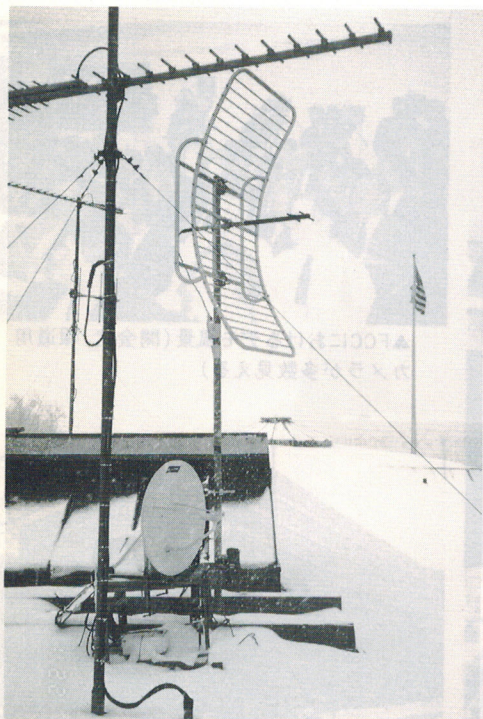
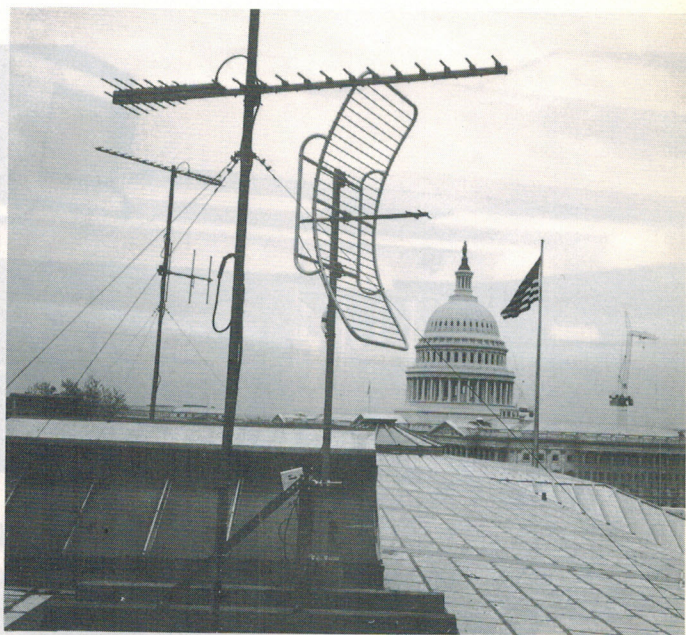
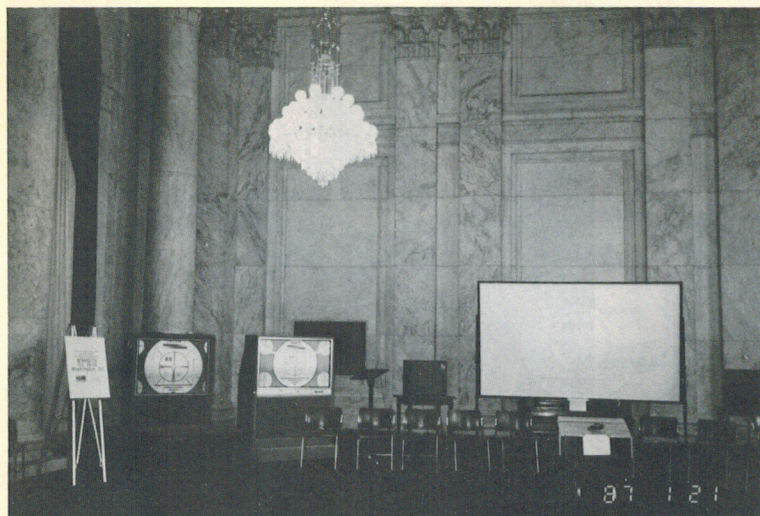
放送プログラムは，ＮＨＫ，およびRAI，Channel5（いずれもイタリー），パラマウント㈱等で制作されたビデオおよび映画番組で，特にパラマウントでは昨年最も人気の高かった映画の一つである「トップガン」を提供し，関心の高い事をうかがわせた。

各会場でこれらの放送番組を見た参加者は，ハイビジョンの効果に一様に驚きを表明し，まさに〝百聞は一見にしかず〟，の格言通りであった。

▲NABの受信アンテナ（左端がUHF受信用パラボラアンテナ）

▲NABのアンテナ位置から送信局を望む〔送信アンテナは遠方の建物(ワシントン大聖堂)のやや右側〕

▲NABデモ会場（左より50インチ，120インチ投写型，40インチCRT，54インチ投写型，各ディスプレイ。デモ時はテーブルの位置に座席を設置)。

世界的に有力な放送専門誌である〝Broadcasting〞誌は，〝HDTV premiere attended by industry leaders〞と題する記事により，その状況，本実験の与えたインパクトについて伝えている。さらに，本実験に引き続き，市中央のHecht'sデ

▶上院議員会館外観

▲上院議員会館屋上の受信アンテナ(積雪約30cm。降雪中)

▲上院議員会館屋上の受信アンテナ(正面に見えるドームは議事堂)

▲上院議員会館デモ会場(右端が150インチ，中央が50インチ，左端45インチNTSC投写型ディスプレイ。画面右側にVCR，VD，32インチCRTモニタなど)

信号型式	MUSE
使用チャンネル	UHF 58，59ch(12MHz)(キャリア周波数：737MHz)
変調型式	AM
送信機出力	50W
送信アンテナ	ホーン型
受信アンテナ	一次元パラボラ型
音声方式	PCMステレオ

表1　主要パラメーター

パートで，ベースバンドによるクローズドサーキットのデモが約2週間行われた。

なお，日本では，昨年12月及び本年2月の2回にわたり，放送衛星BS-2を用いて，MUSE信号によるハイビジョン放送の実験を行い，良好な結果を得ている。

これら，日・米の実験により，ハイビジョン放送実用化の日の近い事が期待される。

＊1. National Association of Broadcasters

＊2. Maximum Service Telecasters

＊3. 日本側の協力機関としては他に，BTA(Braodcasting Technology Association of Japan 放送技術開発協議会)。ANA(全日空)

＊4. Federal Communications Commission(連邦通信委員会)

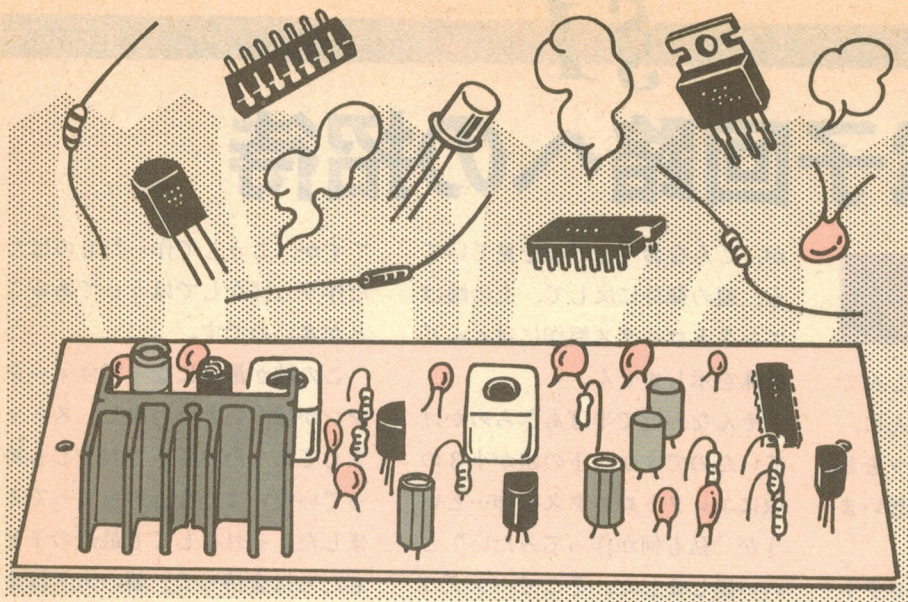
NHK放送技術研究所
三橋　哲雄

▲FCCにおけるデモ風景(開会式，報道用カメラが多数見える)

▲FCCデモ会場配置(左端45インチNTSC，中央50インチ投写型ディスプレイ，右側はVCR，VD，受信機など)

▲FCCビル外観(会場は右後方の8F)

特集

実践 エレクトロニクス製作入門

企画構成
JA1AYO／丹羽 一夫

エレクトロニクス製作について お話をするとき，プロの立場でアマチュアに向けて，あるいはアマチュアからプロへ，そしてプロからプロへ，アマチュアからアマチュアへといった方向があるように思います。このように言ったのは，プロとアマチュアのエレクトロニクス製作に対する基本的な立場がやはり違うと思ったからです。

どちらかというと，エレクトロニクス製作という言葉のひびきは，アマチュアのものでしょう。そして，筆者である私も，大学では電気工学を学びましたが，その後の立場は一貫してアマチュアで続いています。ですから，プロの立場でのお話はできません。

まあ，そんなわけで，この原稿は30年以上エレクトロニクス製作を楽しんできたあるアマチュアが，アマチュアのために書いたものです。あるいは，プロの方が参考にしてくださるところがあるかもしれませんが……。

この特集の中ではいくつかの回路図を実例として紹介していますが，特にことわりのない限り，すべて過去に私が作ってみたものばかりです。ですから，具体的な製作記事は含まれていませんが，全編これ製作記事とみていただいてもけっこうです。

話は変わりますが，アマチュアの特権はなんといっても既成の概念にとらわれずに何にでもアタックできるところにあります。これは，プロの立場ではできないようなチャレンジがアマチュアにはできるということです。ただし，そのために部品をこわしたといったときの責任は，すべてアマチュアが負わなければならないことは当然です。

この特集が，アマチュアの皆さんのこれからのエレクトロニクスライフに少しでもお役に立てば幸いです。

§1

電子回路への招待

（1）電子回路に親しむコツ

すでに電子回路に十分親しんでおられる本誌の読者の皆さんに，今さら電子回路に親しむコツをお話することはないようにも思います。

でも，中にはこれからエレクトロニクス製作に取り組んでみたいと思っておられる方もあるかもしれませんし，あるいは真空管時代には盛んにいろんなものを作ったけど半導体になってからはどうも…とためらっておられる方もあるかもしれません。

あるいは，ご自分のお子さんや後輩にエレクトロニクス製作の指導をしてやりたいんだけど，どうしたらうまくいくだろうと思っておられる方もあるかもしれませんね。

私事で恐縮ですが，我が家には2人の娘がおります。この2人，おやじがいつもハンダごてばかり持っていて遊んでやらないものですからどうも不満のようなのですが，こんなおやじの姿を見ていても，親の期待に反して，上の娘はエレクトロニクス製作にほとんど興味を示しません。

そんなわけで半ばあきらめかけていたのですが，下の娘が小3の頃にエレクトロニクス製作…というか〝私も何か作ってみたい〟といい出しました。そこでハンダづけのやり方を教え，キットを組み立てさせてみたのですが，それ以来，小6になった今も，ひまができると何かキットはないかとせがまれる昨今です。

これを見ると，あたりまえのことですが，やはり好き好きというか適性というか，そういうものがエレクトロニクス製作でも重要だということがわかります。ですから，指導をしてあげるときには，やはり相手の適性を見抜いてあげることも大切だということでしょう。

そこで下の娘のほうですが，最初はやみくもに手もとにあるキットを与えても喜んで作っていたのですが，こうして作ったものはただ作りっぱなしでほうってあることが多いのです。

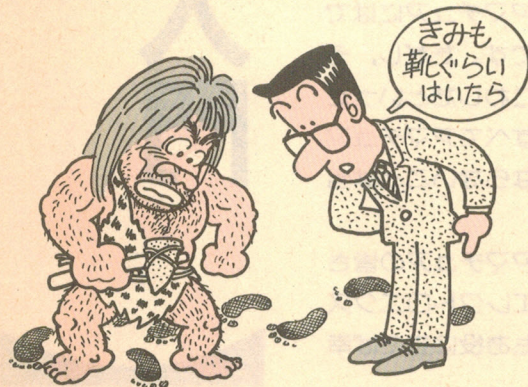
この娘が最近になってウォークマンがほしいといい出し，ストックしてあったお年玉でおやじも持っていないようなものを買ってきました。それにしても最近の子どもたちは金持ちで，親のスネはますます細るばかりです。

話は横道にそれましたが，このウォークマンを使い出してからがぜん乾電池の消耗に対する関心が高まり，電池チェッカーを作りたいといい出しました。その結果，彼女の作った3台ほどの電池チェッカーは勉強机の上に宝物のように置かれており，立派に役目をはたしています。

＊

これを見てもわかるように，エレクトロニクス製作に取り組むときには，〝こんなものがほしい〟という気持がいかに大切かがわかります。この気持が製作に取り組む意欲をかきたて，研究心をふるいたたせることになるのでしょう。

私の持つ趣味の1つであるアマチュア無線の世界でも，お金さえ出せばメーカー製の立派な無線機の買える昨今では，エレクトロニクス製作に興味を持つ人が少なくなってきています。

このような世の中の風潮を反映して，最近では入門者に対するエ

〈〝こんなのがほしい〟が大切。〝必要〟はエレクトロニクス製作の母？〉

レクトロニクス製作の指導といったものがおろそかになっているような気もするのですが，今でも何か作ってみたいと思っている方はいるわけで，どのように取り組んだらいいかを質問されることがあります。そんなときには，ためらわずに〝今，自分でほしいと思うものをさがすこと，それにはいろんなものに積極的にアタックすることではないでしょうか〟とお答えしています。

〈〝プロは理論を勉強してからでなくてはならない〟といわれているが…〉

アマチュアは人の真似から始めよう

アマチュアがエレクトロニクス製作に取り組むとき，まず理論を勉強してから製作に取り組むべきなのか，いきなり製作を始めてしまってもいいのか，といったことが議論されることがあります。

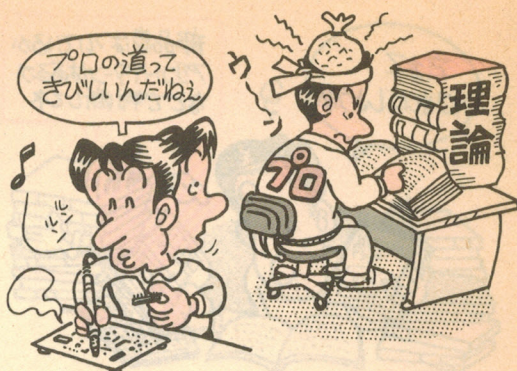
これは，理屈からいえば理論を勉強した上でエレクトロニクス工作に取り組んだほうがいいのはわかりきったことですが，このような議論が行われるのはアマチュアというのは製作は楽しいのですが，理論を勉強するのは苦手で苦痛だからなんですね。

結論から先にいってしまえば，アマチュアの場合にはむしろ理論抜きで楽しいエレクトロニクス製作に入るべきだと私は思います。でも，エレクトロニクス製作を楽しんでいると，どうしてもある程度の理論を知りたくなってくるものです。こうなったらしめたもの，そこで必要な理論を勉強すればいいのです。では，このように思う理由を説明してみることにしましょう。

図1-1は，アマチュアがエレクトロニクス製作を楽しむ場合の一般的な手順を示したものです。

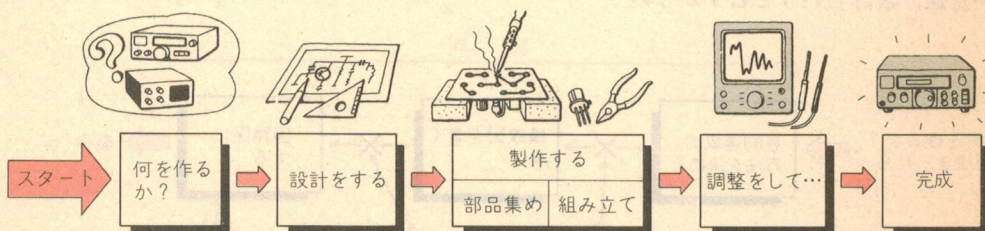
まず，〝何を作るか？〟のところで，最初にお話した〝こんなものがほしい〟という発想が大切になります。そして，この部分はとにかく自分で考えなくてはなりません。

何を作るかが決まったら，つぎは設計です。

図1-2はその過程を示したものですが，これからエレクトロニクス製作を始めようという方の場合には設計をするのは無理ですね。そこで，現在エレクトロニクス製作を楽しんでいる多くのアマチュアの先輩がやってきたように，人の真似から始めることになります。

これは，具体的にいえば，エレクトロニクス製作の紹介されている雑誌や単行本を手に入れて，そこに書かれているものをそのとおりに作るということになります。

このとき注意しなければならないのは，最初は自分の実力に合った規模のものから始めるということです。いくらこんなものがほしいからといって，いきなりむずか

【図1-1】アマチュアのエレクトロニクス製作の一般的な手順

〈初心者が雑誌や本を見て真似して作るときは初心者向けの記事をさがすことが大切〉

しいものに取り組むと失敗してしまうばかりでなく，せっかく芽生えたエレクトロニクス製作への意欲まで失うことになります。やはりステップ・バイ・ステップで，簡単なものからでもいいから１つ１つ確実に完成させていくことが大切です。

そのようなわけで，入門者向けの製作記事を選ぶことも大切です。その記事が入門者向けに書かれているかどうかを判断するめやすは，部品表はついているか，プリントパターンは紹介されているか，といったところを見るといいでしょう。もちろん，これらがついていれば入門者向けといえます。

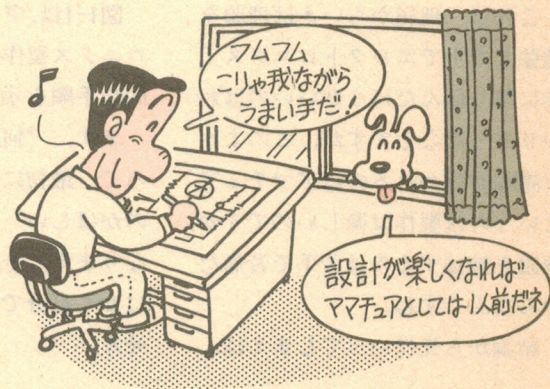
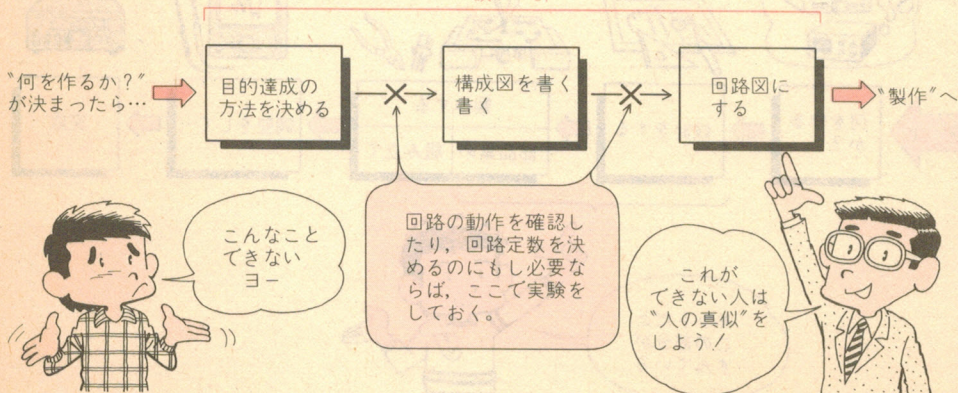
では，図1-2にもどって自分で設計をして何かを作る場合のことを考えてみましょう。

普通，設計というとむずかしい数式を使って計算をするようなことを想像しますが，アマチュアの場合にはこういうことをすることはほとんどなく，図1-2のようにまず構成図を書いてみて，それを具体的な回路図に直すということになります。なぜこのようなことになるのかについては，おいおいお話していくことにします。

さて，設計をおわるなり，あるいは〝これを真似しよう〟ということが決まったら，いよいよ製作に入ることになります。

ここで，図1-1をもう一度見てください。エレクトロニクス製作の入門用としてよくキットのことが話題に出ますが，実はエレクトロニクス製作でもっともやっかいな設計と部品集めの作業が，キットではすでにすんでいるとみることができます。ですから，もし設計と部品集めの手間をはぶきたいと思ったら，キットの利用はうまい手といえます。エレクトロニクス製作のベテランだって場合によってはキットを利用することがあるのは，このメリットをかっているからです。

キットといえば，アメリカのヒースキットや日本のラックスキットが有名です。これらのキットを組み立てたことのある方なら同じ

〈腕があがると設計が苦しみではなく、楽しいものになる。こうなれば…〉

【図1-2】アマチュアの場合の設計の一例

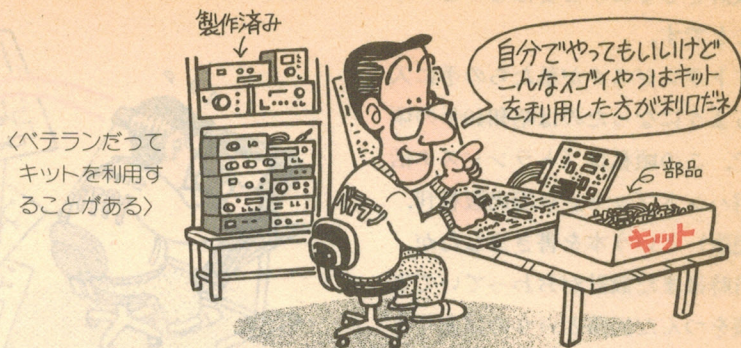
ように感じていただけるのではないかと思いますが，ヒースキットは本当の初心者向け（…というよりは一般の人向け）ですし，ラックスキットはベテラン向けといってもいいでしょう。

話が脱線してしまいましたが，製作がおわったら調整をし，性能を確認したところで完成ということになります。

調整とか性能の確認ということになると測定器が必要になってきますが，アマチュアにとっては測定器揃えは負担になるものです。むしろベテランになるとテスターひとつでかなりのことをしてしまうという芸当もできますが，初心者ではそうはいきません。

人によって，あるいは場合によっては，何かを作るとき，まず測定器を用意してから始めるべきだという意見があります。これは，大海に船をこぎだすときにはまずコンパスを用意してから…というのと同じで考え方としては正しいのですが，実際にはなかなかむずかしいことですね。

測定器をどれくらい揃えるか，あるいはどんな測定器を揃えるかといったことは，その人がこれから先どのようにエレクトロニクス製作を楽しんでいくのかによって決めることになるでしょう。とりあえず常識的にいえば，まずどんな簡単なものを作るにせよテスターくらいは用意し，そのあとは必要に応じて充実させていくということになるでしょうか…。

なお，自分で設計して物を作るようになるとある程度の測定器は必要になってきますし，測定器があるとエレクトロニクス製作がますます楽しいものになることは間違いのないところです。

〈ベテランだってキットを利用することがある〉

基本の回路は決まっている

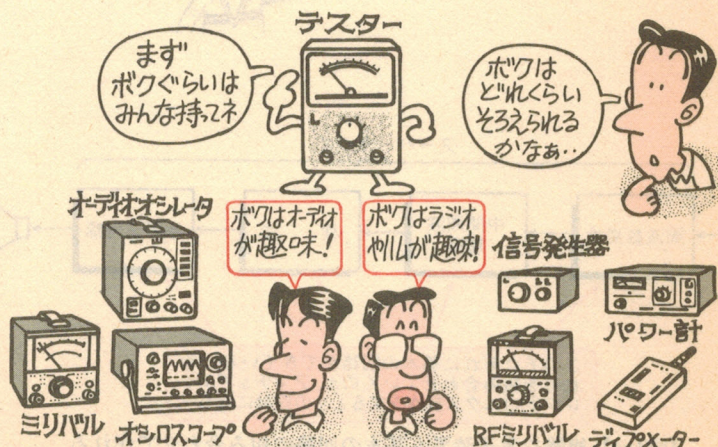
たとえば，今，トランジスタを1個使って，オーディオアンプを作るとしましょう。オーディオアンプといっても用途がばく然としていますが，例えばマイクアンプであっても，あるいはゲルマラジオの出力をイヤホンで聞くためのものであってもかまいません。

トランジスタは，2SC945か2SC1815としましょう。今や，2SCタイプのトランジスタは4千種類をこえますが，ほかのトランジスタに目をくれる必要はありません。このトランジスタなら，どんなお店にだって安価でたくさん置いてあります。

回路は電源電圧によっていくらか変わりますが，常識的な6Vとか9Vであれば図1-3のようにします。あなたがよほどヘソ曲がりで，どうしても人と同じ回路ではいやだというのならしかたありませんが，そうでなければもう何も考えることなく，図1-3のようにすればいいのです。

…といっても，いいかげんな回路をあなたにおしつけているわけではありません。なぜこのような回路になったかは§2で説明しますが，この回路はきちんと設計されたものなのです。

実は，ここでいいたいのは，すでに設計がおわっていて十分に実績のある回路については，さらに

〈測定器はほしいけれど…〉

設計をしなおす必要はないということです。

トランジスタが私たちの手に入るようになったのは昭和40年の頃で，この頃私は「トランジスタ活用ハンドブック」(CQ出版社刊，絶版）という本を書きましたが，当時はまだ設計がおわっていて実績をつんだ回路というのはありませんでしたから，全編が実験と計算の連続というものでした。

でも，今では一般的な用途の回路であればもう実験も計算もすることはなくなっています。

このような事情は，トランジスタに限らずFETについても，またICについてもいえます。私たちの先輩が完成させておいてくれた回路は，エレクトロニクス製作を楽しむ人たちの財産といえるでしょう。

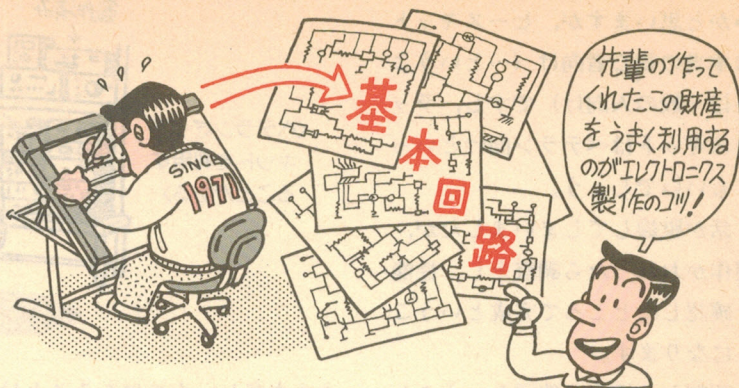
〈完成されている多くの回路はエレクトロニクス製作を楽しむ人たちの共有の財産〉

オーディオアンプでしたら，図1-3のように簡単でしたが，たとえばスーパーラジオを作ろうとすると図1-4のようにもう少し複雑になります。でも，びっくりする必要はありません。それぞれのところに完成された回路をあてはめていけば，スーパーラジオのできあがりです。

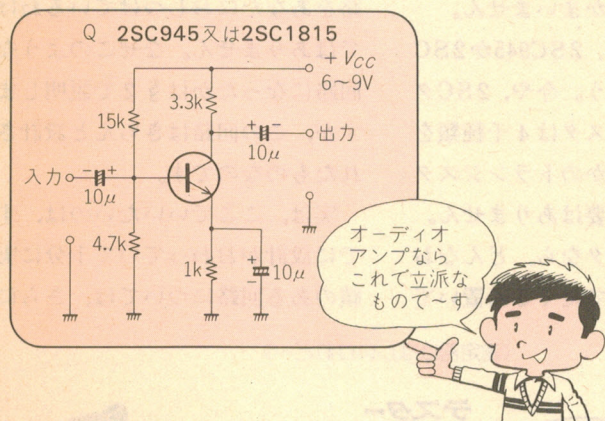
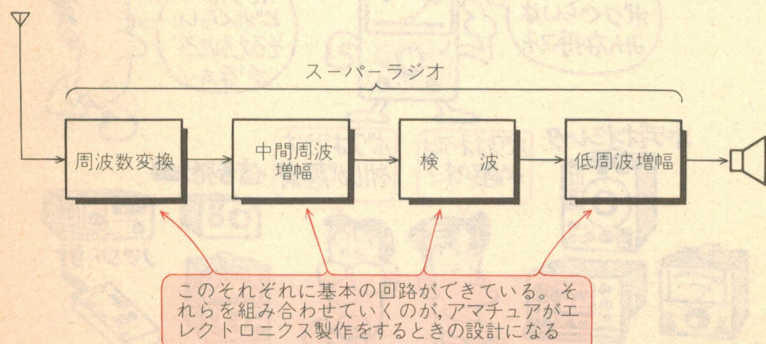
図1-4を見ておわかりでしょうが，あらゆる電子装置は，基本の回路の組み合わせでできています。だとすると，いろんなものが作れるかどうかは，いかに多くの種類の自分の回路を持っているかどうか，にかかっているといってもいいのではないでしょうか。

もちろん，この自分の回路というのは完成された回路で，それがいつでも使えるようになっていることが大切なのですが，これはやはり長い間エレクトロニクス製作を楽しんでいる間にしだいに蓄積されてくるものといえるでしょう。ただし，蓄積したものがいつでも使えるようにするには，記録を残したり，データを整理しておくことも大切です。

＊

話は変わりますが，私がエレクトロニクスに興味を持ち始めたのは小学校５～６年生の頃のことでした。

それ以来，授業中に先生の目をぬすんでは数学の，そして国語のノートにあちこちの雑誌で見たいろんな回路を組み合わせてオーディオやラジオの回路を書き，こんなものを作りたいという夢をふくらませていたものでした。

今にして思えば，当時はレベル

【図1-3】オーディオアンプの基本回路の一例

【図1-4】複雑な電子装置も基本の回路の組み合わせで作れる

配分についての知識などありませんから，まともには働きそうもないRF3段増幅のラジオなどといったものを書いていたのですが，やっていることといえば基本的には今も昔も同じような気がしています。

〈基本の回路はどこにある?!〉

工作の基本だけはマスターしておこう

ひょっとして，電子回路を紙の上にいろいろと書いてうまく働くかどうかクイズのように楽しむ電子回路の親しみ方というのもあるかもしれませんが，電子回路に親しむといえばやはり電子装置を完成させることに目的があるといっていいでしょう。

だとすると，たとえキット作りを楽しむにしても，電子回路に親しむには電子装置を組み立てるための道具（工具）の知識やそれを用意すること，そしてこれらをうまく使いこなす技術というかコツといったことを，マスターしておくことが最低限の必要条件になります。

エレクトロニクス製作で行う工作には，ハンダづけのほかに配線材料を切ったりはさんだりすること（ニッパー，ラジオペンチ），ビスやナットを回すこと（ドライバーやナット回し）があります。キットであれば，たいていこれだけの工作で完成します。

とりあえずここまでのところで話をすすめると，ニッパーやラジオペンチ，それにドライバーといったものは，いきなり目の前に出されても使い方がまったくわからないということはないでしょう。それは，これらの工具は日常生活でも目にふれることがあるものですし，使い方のコツもちょっといじっていればマスターできるからです。

ちなみに，工具の使い方を早くマスターするコツは，なるべくよく使ってみて多くの失敗例を体験し，その失敗をくりかえさないようにしていくのがいいと思います。

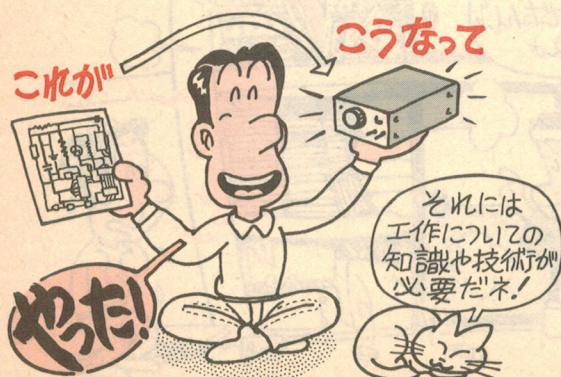
話をもとにもどして，キット作りから踏み出して自分でプリント板を作ったりケースを用意したりするようになると，プリント板の加工（ミニドリル，エッチング用の塩化第2鉄など）や穴あけ（ドリル，リーマー，シャーシパンチ，ヤスリ）といった工作が必要になってきます。でも，これらも学校の工作の時間を思い出してやればなんとかなるでしょう。

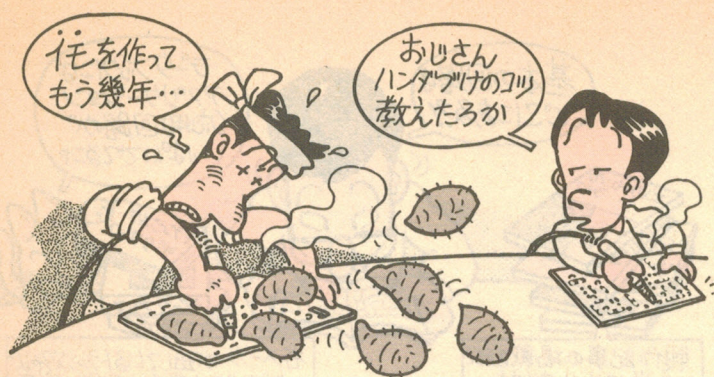
＊

今のところ，エレクトロニクス製作を始めるときにどうしても新しくマスターしなければならないのが，ハンダづけのやり方です。

エレクトロニクス製作ではこのハンダづけがなかなかくせもので，初心者がキットを組み立てたときにうまく働かない理由の80〜90％はハンダづけの不良だといわれているくらいです。

そこで，もしハンダづけに代わる簡便で確実な方法が発明されればノーベル賞ものだといった冗談話がでることもあります。でも，その可能性がないわけではありません。最初に〝今のところ〟といったのは，そのようなわけなのです。

ハンダづけはむずかしいとよくいわれますが，ちょっとしたコツ

〈電子回路の知識だけでは，電子回路には親しめない。やはりいじってみなければ…〉

〈工作のポイントはハンダづけ〉

さえのみ込めばそうむずかしいものではありません。ハサミで紙を切るのと同じことです。その証拠に，以前の工場では若い女性がベルトコンベアを前にハンダづけをしていました。

このハンダづけは，自己流でやっていたのでは何年たってもイモハンダばかり…。でも，今から始めた子どもでも，ちゃんと手をとって指導すると，2～3時間でピカピカ光ったみごとなハンダづけをするようになります。

ここではハンダづけのコツをお話している余裕はありませんが，何年たってもイモハンダから脱出できないでいる方がいらしたら，街のカルチャーセンターなどでやっているエレクトロニクス製作教室に行って，手をとって指導してもらうといいでしょう。

〔2〕やり方をあれこれ選ぶ楽しみ

電子回路を使って何かの目的を達成しようとする場合，いくつかの方法が可能なことがあります。

それは，たとえばアナログでやる方法とディジタルでやる方法があるとか，機械的にやる方法と電子的にやる方法がある，といったようなことになります。

このような場合，どちらの方法を選ぶかは迷うところではありますが，反面腕の見せどころ，また楽しみなところでもあります。

§2からはアナログとディジタルに分けて電子回路を取り扱いますので，このようなお話をする機会がなくなってしまいます。そのようなわけで，ここで少しまとめて〝やり方を選択する楽しみ〟についてお話してみようと思います。

アナログでやるか　ディジタルでやるか

では，アナログとディジタル，この2つのやり方を選択する例から始めます。

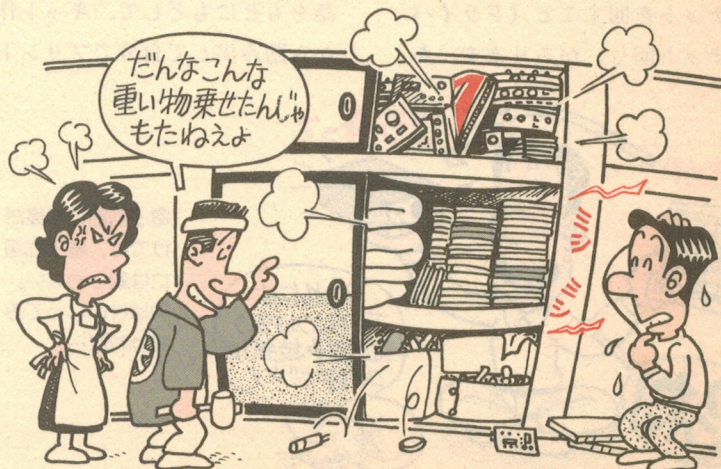
●世の中の流れは…

我が家は，自作したセットや数十年来にわたってとってある雑誌類で，いまやパンク寸前の状態にあります。女房殿は，〝こういったガラクタ（…と彼女の目には映るらしい）のせいで，よそより確実に物を置くところが少ない〟といいます。〝うちだけではないよ！〟といいわけをしながら，私自身もそう思っているのですが…。

そのようなわけなので，ときどきいろいろなものを整理するのですが，先日もそんな整理をしていたら，1976年の「電波科学」(本誌の前身，1985年4月号から今の「エレクトロニクスライフ」になった)が出てきました。

そこでなつかしさのあまりパラパラとめくってみたのですが，そこに紹介されているのはアナログの記事ばかりで，ディジタルの記事はまったく見当たりません。

これでわかるように，この10年程の間に，世の中の流れは確実にアナログからディジタルに変わりつつあることがわかります。そのもっとも顕著な例が，コンパクトディスク(CD)といえるでしょう。

〈我が家は自作したセットや雑誌類でパンク寸前〉

エレクトロニクス製作を楽しむには，このようなエレクトロニクスの世界の流れについても関心を持ってみる必要があるというわけです。

そこで，ディジタルといったときに，あなたは何を思い浮かべますか。2進法とかパルス，それにコンピュータや電卓，最近話題になっているDAT（ディジタル・オーディオ・テープレコーダ），CDといったものではないでしょうか。

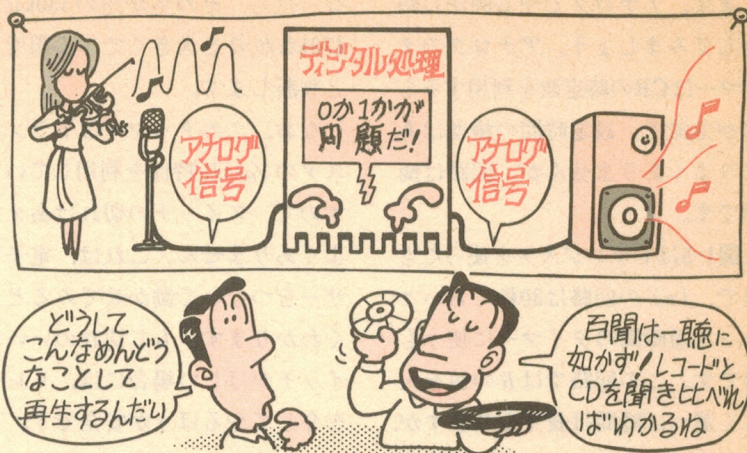
これらのうち，電卓やコンピュータは名実ともにディジタルだという感じがしますが，DATやCDとなるとちょっと違う感じを持たれるかもしれませんね。

それは当然のことで，DATやCDでは録音される音はアナログですし，スピーカから再生された音もアナログというわけで，電卓やコンピュータとはディジタルの利用のされ方が違っています。

私のようなアナログ人間は，以前から正弦波はきれいな音，方形波はひずんだ音という先入感があり，方形波が活躍するディジタルは音楽のようなアナログにはなじまないという先入感（もちろん，これは理論的には間違いですが，情緒的にという意味です）を持っていたのですが，CDを導入してみてこの先入感はまったく消え去りました。

CDで代表されるように，新しい技術としてディジタルはラジオやテレビ，オーディオのようなアナログの世界にこれからどんどん入り込んでくることでしょう。これは，今回のテーマであるアマチュアのエレクトロニクス製作でも同じことがいえます。

〈音はアナログ，このアナログの世界にディジタルが入り込んできた〉

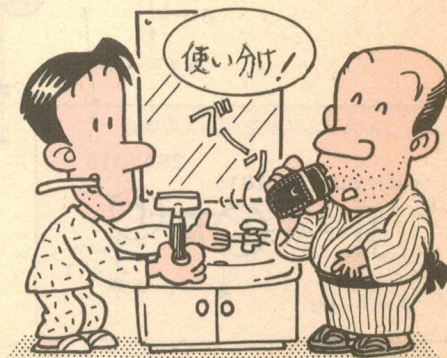
＊

今までの話を整理してみると，新しいディジタル技術の進歩によって，従来はアナログでしか処理できなかったものが，ディジタルででも処理できるようになってきたということができます。そこで，タイトルの〝アナログでやるかディジタルでやるか〟ということになるわけですね。

具体的な例についてはこのあとお話しますが，ものによっては従来アナログでやっていたものをディジタルでやると，作りやすくなったり，でき上がったものが操作しやすくなったり，あるいは精度が上がったり，といったいい面が生まれることもあります。あるいは，従来はディジタルでやっていたものをアナログでやると，同じようなことが起こる場合もあるでしょう。

今や，目的を達成する手段として，私たちは〝アナログ〟と〝ディジタル〟の2つの道具を自由に使える時代を迎えているといえます。

では，同じ結果を得るのに，アナログとディジタルでやれる例をいくつか紹介してみることにしましょう。

なお，アマチュアがエレクトロニクス製作を楽しむといったレベルの話になると，CDやDATと違って，アナログやディジタルといってもアナログ的とかディジタル的に処理するといったほうが適切なのかもしれません。

〈今や，我々はアナログとディジタルの2つの道具を使い分ける時代を迎えている〉

●タイマー

まず，アナログでやる例から紹介してみましょう。アナログのタイマーはCRの時定数を利用するものが主流で，設定時間の精度はあまりよくありませんが，回路は簡単です。

図1-5はトランジスタを使ったもので，(a)の回路は30秒くらいといった短時間のタイマーに使うものです。この回路ではRの値を大きく選べば時間は長くなりますが，むやみに大きくは選べません。

Rの選び方は，CをはずしておいてRを100kΩ，220kΩ…1MΩと大きくしていき，そのつどプッシュスイッチを押して負荷の動作を確かめます。すると，どこかで負荷が動作しなくなるところが出てきますから，例えば1MΩでNGになったら，その½か⅓の330kΩか470kΩがRを大きくできる限度だと判断します。

なお，このタイマーはトランジスタのV_{BE}-I_C特性を利用していますので，スイッチの切れはあまりよくありません。これは，電子ブザーをつないで働かせてみるとよくわかります。もし切れのいいスイッチがほしい場合には，リレーを介してやるほうが安全です。

(a)の回路はおあそび程度ですが，(b)のようにトランジスタをダーリントンにつないでやると，10〜15分くらいのタイマーが楽に作れます。

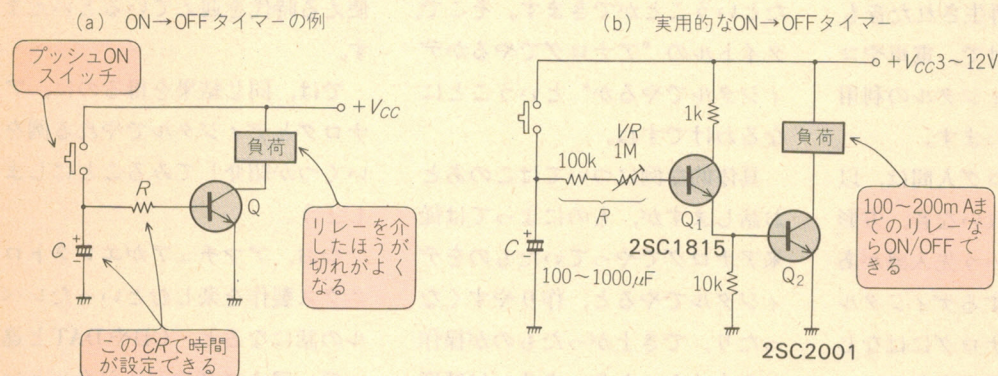
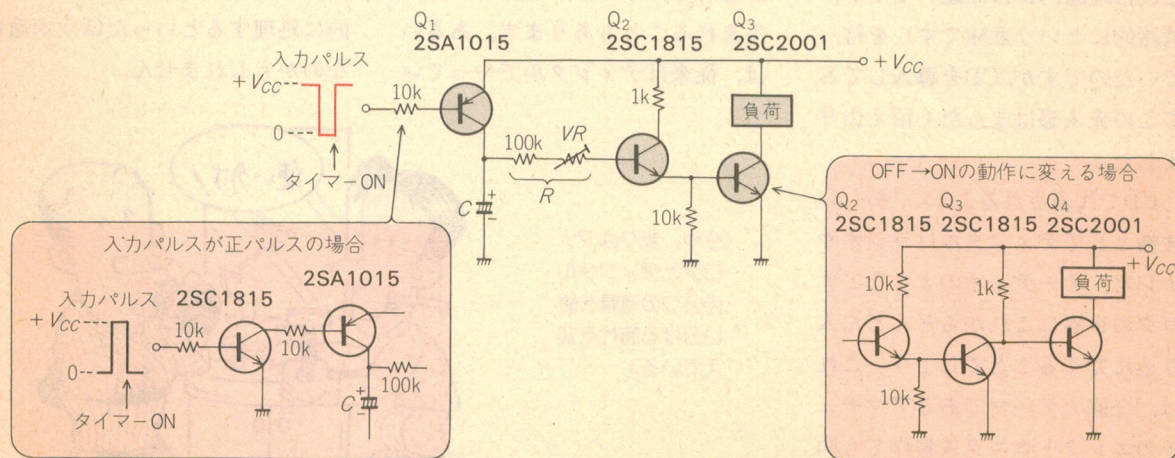
2個のトランジスタの中間につないだ10kΩの抵抗器は，h_{FE}をコントロールするものです。ダーリントン接続をする場合，h_{FE}が大きすぎるのも扱いにくいものですが，この10kΩによってコントロールすることができます。

図1-5のタイマーはプッシュONスイッチでスタートさせるもので，プッシュスイッチを押したあと，はなした瞬間からタイマーの動作が始まります。

もし，このタイマーのスタートを他のセンサー回路などからのパルスでスタートさせたい場合には，図1-6のようにします。

タイマーといえば思い出すのが，タイマーICのNE555です。その他のLM555とかNJM555といったものもみんな同じものですので，このあとは単に555ということにし

(a) ON→OFFタイマーの例

(b) 実用的なON→OFFタイマー

【図1-5】アナログで作るタイマー／トランジスタの例

【図1-6】タイマーONをパルスでコントロールする場合(ON→OFF)

ます。

555には多くのアプリケーション回路がありますが，図1-7は電源を加えたところからスタートする，2～15分程度のタイマー回路の一例です。

なお，555のピン2につながっている100kΩと0.1μFは，電源ONと共にタイマーの動作がスタートするようにするためのものです。

さて，つぎはディジタルでやる方法ということになるのですが，その前にアナログとディジタルが協力し合って仕事をする，アナディジ式のタイマーを紹介しましょう。

それは，M51849Lという長時間タイマーで，図1-8のようなものです。これは，555による発振器（非安定マルチバイブレータ）のあとに11段の分周器をつないだものと思えばいいでしょう。

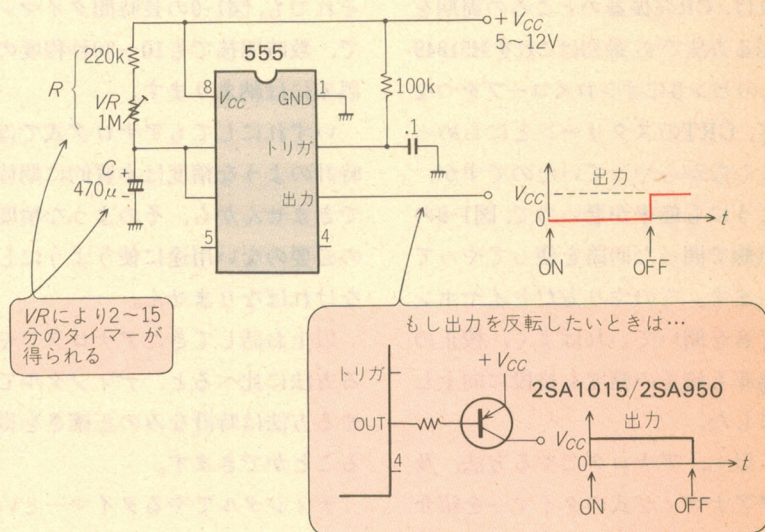
このタイマーは発振器からのパルスを勘定するものなので，どちらかというとディジタルの要素が強いのですが，発振器の周期（周波数）が*CR*の値で決まり，その点ではタイマーとしての得失は555で作るアナログ式のタイマーと同じなので，アナログという表現も残してアナディジ式といっておくことにします。

このタイマーはカウンタ式のCRタイマーと呼ばれることもありますが，発振器の周期が分周器で引きのばされる（M51849LではFFが11段なので1,024倍になる）ので，最大50時間といった長時間タイマーが可能になります。

図1-9に，M51849Lを使ったタイマーの実用回路を示しておきます。この回路は電源をONすると同時にタイマーが働き始め，リレーが動作します。そして，あらかじめ設定した時間がくるとリレーの動作が止まります。

カウンタ式のCRタイマーでやっかいなのは，時間の校正です。なにしろ最大で50時間ものタイマーが作れるのですが，校正のために50時間も待っているわけにはいきません。

そこで，私は1,024分の1のCR発振器のところで周期を測り，時間の校正（図1-9でいえば，時間設定用の*VR*）を行うようにしています。こうすれば，50時間は約176秒に縮まり，ストップウォッチで校正できます。

でも，まだ問題があります。そ

【図1-7】アナログで作るタイマー／555の例

【図1-8】
アナディジ式／
M51849Lによる
長時間タイマー

【図1-9】
M51849Lを使った
長時間タイマーの
実用回路例

れは，CR発振器のところの周期を測る方法です。最初はこれをM51849Lのピン3にオシロスコープをつなぎ，CRTのスクリーンとにらめっこしながらやっていたのですが，どうにも能率が悪いので，図1-9の点線で囲った回路を使ってやっています。このやり方だとイヤホンで音を聞いていればよく，校正の能率も校正の精度も格段に向上しました。

以上，アナログでやる方法，及びアナディジ式のタイマーを紹介しましたが，このようなCR式のものでは時間の精度は悪く，数分間のタイマーでも数秒～十数秒の誤差を覚悟しなければなりません。

それでも，図1-9の長時間タイマーで，数時間後でも10～30秒程度の誤差には納まります。

いずれにしてもアナログ式では時計のような精度は本質的に期待できませんから，そのような精度の必要のない用途に使うようにしなければなりません。

以上お話してきたアナログでやる方法に比べると，ディジタルでやる方法は時計なみの正確さを得ることができます。

ディジタルでやるタイマーというと頭に浮かぶのは，いわゆるタイムスタンダードICとかタイムベースモジュールと呼ばれるものです。そして，実際には諏訪精工舎の8650Aや8650B(タイムスタンダードIC)や京セラのLQBやLQTシリーズ(タイムベースモジュール)といったものが市販されています。

図1-10は，タイムスタンダードICの8650A/8650Bのブロック図を示したものです。これを見ると，まずアナログ式の場合のCR発振器が水晶発振器に換わっているのがわかります。水晶発振器では周期は固定されたものになりますが，その正確さは時計なみです。逆にいえば，アナログ式ではここの周期を自由に連続して変えられたのですが，ディジタル式では正確な時間がとびとびに得られるということになります。

8650A/8650BではCTL1～6の端子で時間の設定をしますが，もっとも長い時間が得られるのは8650AのCTL1～6をすべてハイレベルにした場合で，その場合の周波数は0.0005Hz，時間にすると200秒(33.$\dot{3}$分) となります。

ディジタル式のタイマーは時間がとても正確ですので，一定時間ごとに正確な出力がほしいといっ

【図1-10】
ディジタル式／
8650Aと8650B
のブロック図

た場合にはぴったりのタイマーが作れます。

図1-11は，５分ごとにある装置を１分間だけ動作させる目的で作ったタイマーの一例です。その，ある装置というのは，今アマチュア無線界で注目を集めている国際ルールによるフォックスハンティングの〝キツネ〟のことです。国際ルールですと電波を出す５匹の〝キツネ〟が用意され，１分ずつ順番に１分間だけ電波を出していくために，このようなタイマーが必要になったわけです。

なお，最初に５分ごとに装置を１分間だけ動作させるといいましたが，図1-11では０～４（１分～５分）の出力のうち１つだけを利用すれば目的を達することができます。

＊

これでおわかりのように，タイマーの場合にはアナログとディジタルの両方のやり方があります。そこで，何かの装置でタイマーが必要になった場合にはアナログでやるかディジタルでやるかを決めなければなりませんが，その場合の判断の基準は，時間の正確さはどれくらい要求されるか，かけられるお金はどれくらいか（タイムスタンダードICやタイムベースモジュールは1,000円以上する），電源電圧は何Ｖくらいとれるか，消費電力に何か制限はあるか，といったことを検討して選ぶことになるでしょう。

●電子ルーレット

ではもう１つ，LEDをぐるぐる回しながら光らせる電子ルーレットを考えてみることにしましょう。電子ルーレットはディジタルでやるのが常識ですが，アナログだってできないことはありません。

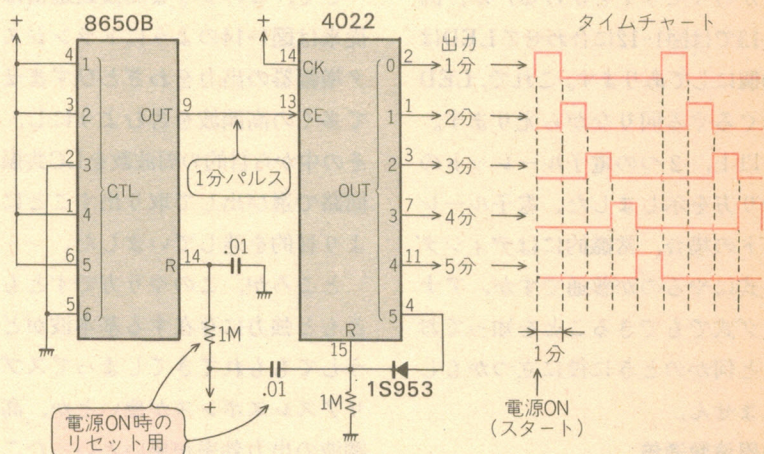
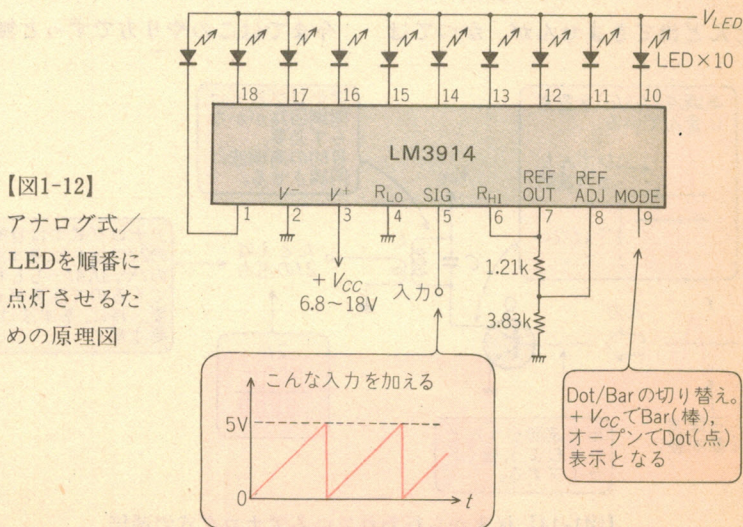
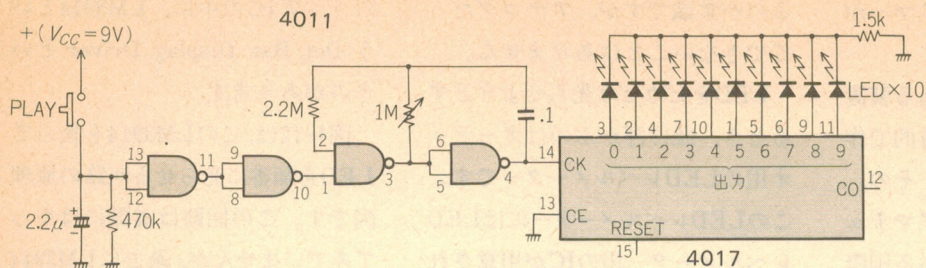
LEDをピカピカ光らせようとするとき，頭に浮かぶのはオーディオ用のLEDレベルメーターです。このLEDレベルメーターにはLEDレベルメーター用のICが用意されており，ログスケール用やリニアスケール用，棒状表示や点状表示のものがあります。

これらの中から，リニアスケールで点状表示用のLEDレベルメーター用ICを使って電子ルーレットを作る方法を考えてみましょう。

ナショナル・セミコンダクタ（NS）のリニアICの中に，LM3914という Dot/Bar Display Driver というのがあります。

図1-12は，このLM3914を使ってLEDを順番に光らせる回路の原理図です。この回路は実際にはやってみていませんが，過去にLM3914を使ったときの経験からいうとうまくいくはずです。

ただし，電子ルーレットとして完成させるには入力となる三角波のコントロールや，回転が止まったときの表示のホールド方法など問題点はいくつか残っています。

ではつぎに，ディジタル式でや

【図1-11】ディジタル式／8650Bの応用例

【図1-12】アナログ式／LEDを順番に点灯させるための原理図

【図1-13】ディジタル式／電子ルーレットの一例

る方法を考えてみることにしましょう。図1-13は某誌の〝東芝ラジオ教室／335″に紹介されていたものをモディファイしたもので，教科書にのっているようなまったく原理的な回路です。

オリジナルではLEDは8個となっています（この場合には，ピン9からリセットをかける）が，図1-13では図1-12に合わせてLEDは10個にしてあります。これで，LEDはぐるぐる回りながら光ります。

以上，2つの電子ルーレットのやり方を示しました。電子ルーレットの場合，常識的にはディジタル式にやるのが普通ですが，アナログ式でもできることを知っておくと何かのときに役に立つかもしれません。

●周波数逓倍

周波数逓倍というのはアマチュアのエレクトロニクス製作ではほとんど出てきませんが，かつてはFMステレオの復調回路の中で使われていたこともあるので，いじったことのある方もあるでしょう。

アマチュア無線をやっておられる方なら，送信機はもちろん，受信機でもVHFやUHF用では局発のところで周波数逓倍はかならず必要になります。

さて，このような周波数逓倍は従来は図1-14のようにトランジスタ増幅器の出力をわざとひずませて多くの高調波を含むようにし，その中から目的の周波数をLC共振回路で選び出して取り出すことにより目的を達していました。

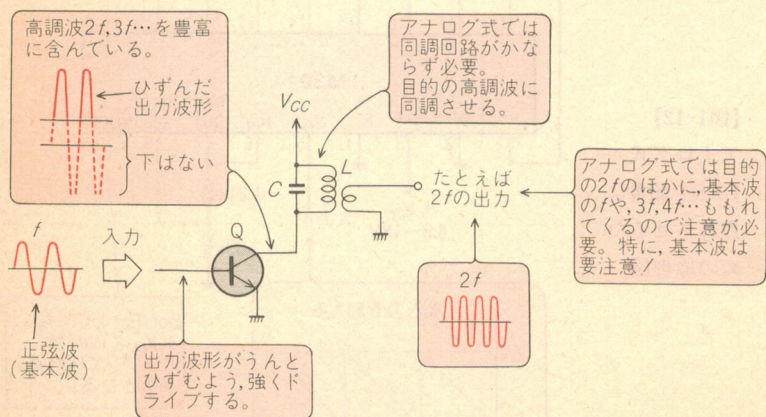
ところが，このやり方ですともともと強力に存在する基本波がどうしてももれてきてしまってスプリアスレスポンスが悪いとか，高調波の出力効率が悪いといったことがあり，うまく働かせるのがなかなかむずかしいものです。でも，今まではこのやり方でずっと無線機が作られてきました。

この周波数逓倍をディジタル式にやる方法が「IC応用回路アイデア集」（横井与次郎編，誠文堂新光社刊）に紹介されており，過去に実験を試みたことがあるので，これを紹介してみることにしましょう。

図1-15(a)はディジタル式で周波数逓倍を行う回路の動作を示したもので，E_X-ORゲートの一方の入力をCR回路によって位相を遅らすことにより2逓倍をしています。これでわかるように，このやり方では2逓倍しかできません。

(b)は，従来のアナログ式の発振器からディジタル逓倍をドライブする場合の具体的なやり方を示したものです。この場合には，ごらんのように入力の正弦波をディジタルICを動作させるのに必要なレベル（たとえば，TTLレベル）と波形（方形波）にするためのレベル変換が必要になります。

最近では水晶発振をいきなりディジタルICで行うやり方がよく使われるようになっていますが，もし発振器がそのようになっていればレベル変換は必要がなくなります。

このディジタル式の周波数逓倍は，周波数の低いところ（1～2Hz）では拙著「ハムのトランジスタ活用」（CQ出版刊）の中に紹介した〝PLLによるディジタルVFO″

【図1-14】従来から行われているアナログ式の逓倍

の中で，周波数表示部のコントロール用として使ってみましたが，うまく働いてくれました。

一方，最近になってディジタルICのスピードもどんどん速くなってきて短波帯の無線機くらいならこなせそうになってきましたので，「CQ ham radio」の1985年12月号の〝ジュニア製作教室〟で28MHz帯の送信機にディジタル逓倍を応用する実験をしてみました。これは，前にお話したアナログ式の逓倍の欠点をディジタル式の逓倍はなくしてくれることを期待した（もちろん，ディジタル逓倍では別の問題点は生じますが…）からです。

図1-16はそこで作った送信機の逓倍部分だけを取り出したもので，Rの470Ωに並列に入っている10μHのRFCは入出力波形をオシロスコープで観察しながら実験を行った結果，入れたものです。

実験はなんとか成功し，このあとに2SC2086と2SC1678の2段増幅を行うことによって28MHz帯で１Wの出力の得られる送信機が完成しています。

＊

周波数逓倍についてはこれからも当分はアナログ式が主流でいくことでしょうが，こんなこともディジタル式でできるのだという例として紹介してみました。

それにしても，今まで人がまったくやったことがない（…と１人合点することもあるけれど）ことをやってみるというアマチュアの楽しみは，これまた最高のものがあります。

機械的にやるか　電子的にやるか

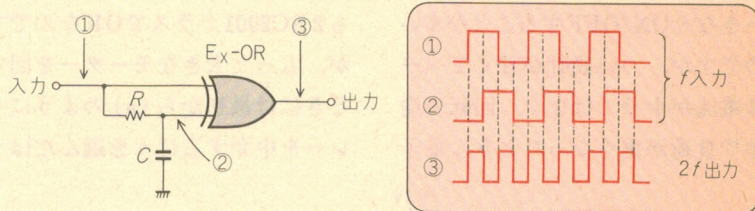
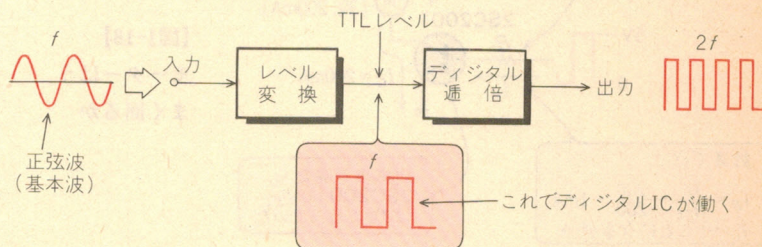
エレクトロニクス製作で機械的というと，まず頭に浮かぶのはリレーでしょう。そのほかは，ラジオのバリコンとか，ボリュームといったものでしょうか。

ひと頃はよく使われたリレーも最近ではトランジスタによる電子スイッチが使われることが多くなりましたし，バリコンもバリキャップによる電子同調，ボリュームも電子ボリューム用のICが登場する時代を迎えています。

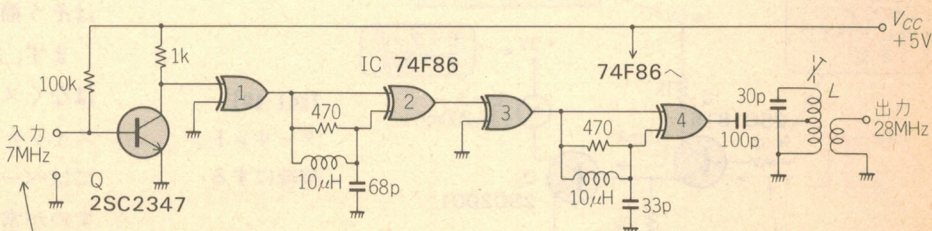
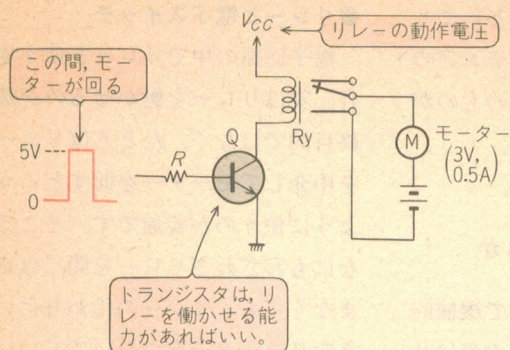
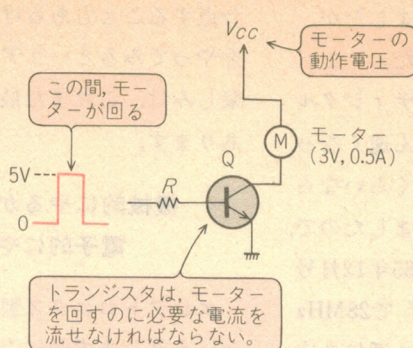
●リレーと電子スイッチ

電子回路の中でリレーを使う場合，実はリレーを働かせるのが最終目的ではなく，たとえばリレーを中介してモーターを回すというように使うのが普通です。そこで，なにもわざわざリレーを間にはさまなくても，リレーの代わりにいきなりモーターをつないでもいいのではないかという考えが生まれてきます。

そこで，ここで比べてみようというのは図1-17のようなことです。(a)(b)どちらでも入力によってモーターを回すという目的は達することができますが，どちらの方法を選ぶかは周辺の回路や電源電圧，装置に要求される動作の確実

(a)　E_X-ORによる2逓倍回路とその動作

(b)　ディジタル逓倍を行うための構成

【図1-15】ディジタル式の周波数逓倍

【図1-16】高周波のディジタル4逓倍の実験例

(a) リレーで仲介する方法

(b) 電子スイッチで直接モーターを回す

【図1-17】 目的はモーターを回すことだが…

性などによって違ってきます。

まず，図1-17で最終的な負荷になっているモーターは，モーターにかかる機械的な負荷によって電流が変わるとか，低電圧で大電流のものがあるといったことで，電気的な負荷としてはかなりやっかいなものです。

最近ではこういう負荷(b)のようにトランジスタの電子スイッチでいきなりON/OFFすることが多いのですが，つい設計が甘くてベース電流が十分ではなく，回転の途中で負荷が重くなったときに電子スイッチが完全にONになりきれなかったり，電源を電子回路とモーターで共用したためにモーターの回転によって電源があおられて電子回路の動作がおかしくなったり，といったトラブルに見舞われることがよくあります。

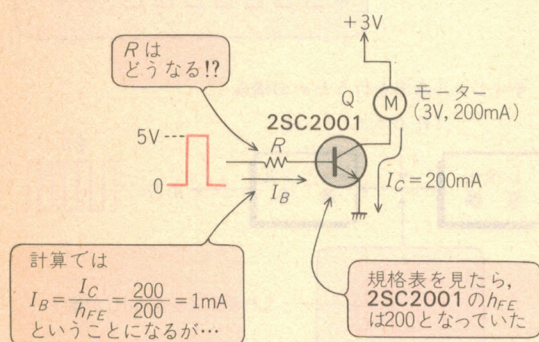
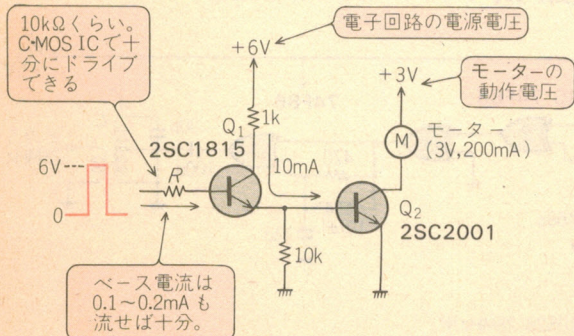
そのようなわけで，200～300mAしかくわないモーターならば(b)の回路でも十分で，トランジスタも2SC2001クラスでOKなのですが，もっと大きなモーターを回すときには最初から(a)のようにリレーを中介するほうを選んだほうがベターだということになります。これならばリレーも小型のものですみますから，トランジスタも2SC1815クラスでまかなえます。

さて，電子スイッチとして動作させるトランジスタの入力となるのは，たいていディジタルICの出力ということになるでしょう。そこで図1-17ではTTLレベルの5Vとしてありますが，最近ではC-MOS ICを使うことが多いので，入力レベルは3～12Vを考えておく必要があります。

これが入力になるわけですが，(a)(b)共に電子スイッチとなるトランジスタ回路の設計のポイントは，Rの選び方ということになります。

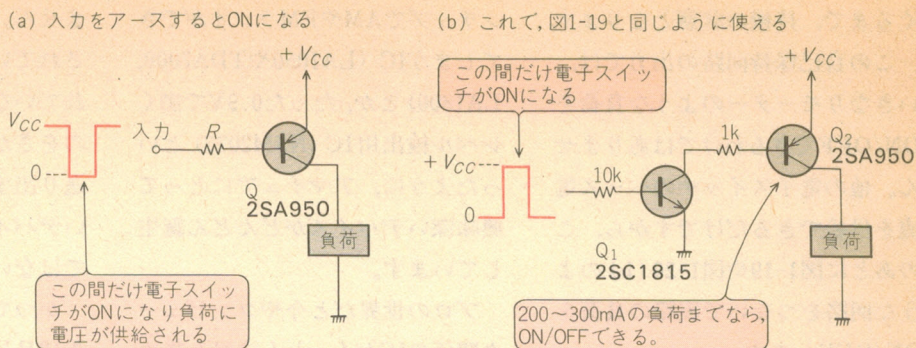
具体的には，たとえば(b)の回路でモーターに流れる電流を200mAとすると，これがコレクタ電流になりますから，図1-18のように2SC2001だと計算上はベース電流を1mA以上流せばよさそうですが，実はそう簡単にはいきません。

まず，2SC2001はリニア動作ではなくスイッチング動作ですから，スイッチを完全にONの状態にするにはベース電流を計算値の数倍流すのが常識です。

もう1つ，スイッチONの場合にはトランジスタのコレクタ電圧は

【図1-18】 モーターはうまく回るか

【図1-19】 ダーリントン接続にする

(a) 入力をアースするとONになる

【図1-20】 PNPトランジスタによる電子スイッチ

(b) これで，図1-19と同じように使える

ほとんどゼロになりますから，h_{FE}は規格表に示されている値よりずっと小さく見積らねばならず，実際には30～50くらいと思わねばなりません。結局，ベース電流は10mAくらい流さないといけないことになり，入力を5VとしてRの値を計算してみると470Ωというようなことになります。

こうしてみると，10mAの電流をディジタルICから供給するのはTTLでもやっかいですし，C-MOSでは不可能になります。

どうです，ずいぶんやっかいでしょう。図1-18ではモーターが小さいのでまだいいのですが，もっと大きなモーターを回そうとするとさらにやっかいなことになります。それならば，いっそ図1-17(a)のようにリレーを中介させれば問題は全部解決してしまいます。

もしどうしても電子スイッチでモーターをコントロールしたい場合には，図1-19のようにトランジスタをダーリントン接続してやらねばなりません。

では，ついでにトランジスタによる電子スイッチのやり方についてちょっと補足しておきましょう。

図1-17～図1-19ではNPNトランジスタを使った電子スイッチを紹介してきましたが，この電子スイッチは負荷とアース(マイナス)の間にしかつなげませんでした。

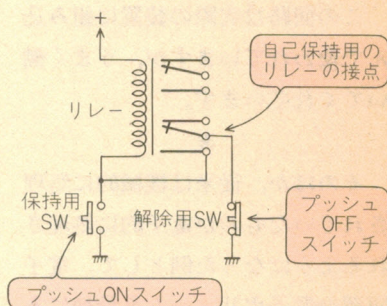
一方，電子回路によってはどうしても負荷とプラス電源の間に電子スイッチをつなぎたいということがありますが，そのようなときには図1-20のようにPNPトランジスタによる方法を使います。この場合，負荷はリレーであってもモーターであっても，また別な電子回路であってもかまいません。

(a)は基本回路で，この回路ではスイッチがONになるときのパルスの極性が今までと逆ですし，図1-18で検討したのと同じことがこの回路でもおこります。

そこでこのような欠点を取り除いたのが，(b)です。これはQ_1とQ_2がダーリントン接続になっており，図1-19と同様にC-MOS ICからでも十分にスイッチのON/OFFが可能となります。

●自己保持回路

ONとOFFのスイッチが別々に用意されていて，両方とも一瞬だけ押せばOK，という動作を要求されるときに使われるのが自己保持回路です。

図1-21はこれをリレーを使って機械的に行うやり方で，まだトランジスタがなかった頃，簡単にやるにはこの方法しかありませんでした。そしてつい最近まではこのやり方でやっていたのですが…。

【図1-21】 機械的にやるリレーの自己保持回路

つい先頃，保持入力と解除入力をどうしても電子的なパルス信号でやらねばならないということになり，実験してみたのが図1-22の回路です。

この回路の動作は簡単明瞭で，保持入力パルスが入るとQ_1がON，Q_2がOFFとなって＋V_{CC}→4.7kΩ→D_2→1kΩのルートでQ_1のベース電流が供給されます。このベース電流は保持入力パルスがなくなったあとも連続して流れ，自己保持の状態になります。

自己保持を解くやり方はいろいろ考えられますが，図1-22の回路ではQ_3によって自己保持用のベース電流をアースに流してしまう方法をとっています。解除入力にパルスを加えるとQ_3がONになり，ベース電流をアースに流します。するとQ_1がOFF，Q_2がONとなって，出力はゼロになります。これで，つぎの保持入力用パルスが入って

くるまで，待機の状態となります。

この自己保持回路の出力では，いきなりモーターのような負荷をON/OFFできるわけではありません。他の電子スイッチのベース電流を供給できるだけですから，このあとに図1-19や図1-20(b)のような回路をつないで実際の負荷をON/OFFします。

この回路は実際の装置に組み込んで使われていますが，うまく働いてくれています。

＊

そのほか，従来は機械的に処理されていたものが電子的に処理されるようになった例として，電子同調や電子ボリュームを最初にあげましたが，これらはエレクトロニクス製作の中でかなりポピュラーになっていますので説明は省略します。

いずれにしても，電子同調や電子ボリュームはリモコンが可能(コードを長くのばすことができる)なのが便利なところですし，電子同調はPLLと組み合わされて電子チューニングシステムといったものも生み出しており，これからますます使われていくことでしょう。

新しいデバイスを見つける楽しみ

ここ数年来，各メーカーからワンチップでAMやFMラジオができてしまうIC (LA1050やTDA7000, LA1800) とか，たった0.9Vで働くレベル検出用IC (NJM2072) といったように，アマチュアにとって興味深いデバイスがどんどん誕生しています。

プロの世界だと今やコンピュータ関係のICがもっとも注目を集めているところですが，アマチュアにとってはコンシューマとかスペシャル・ファンクションといったところに興味深い素子がたくさんあります。

さて，アマチュアの楽しみの1つに，このようにして新しく誕生してくるICを人よりも1日でも早く使ってみるというのがあります。これは，買ってきたものをなんでもすぐに中を開けてみたくなるという，アマチュアの特性に通ずるものがあるからでしょう。

こういった新しく誕生してくるICを見つけるには，エレクトロニクス関係の雑誌の広告欄を毎月たんねんに見ていくのがうまい手です。特に広告の多い雑誌 (たとえば「トランジスタ技術」誌〔CQ出版刊〕のそれは，まさに宝の山といっていいでしょう。

一方，目をかえてみると，新しいデバイスといっても，何も新しく開発されたものばかりとは限りません。以前に開発され，市販もされているのに，さっぱり利用されていないものの中から面白いものをさがし出し，それを世の中に送り出すのも，ある意味では新しいデバイスをみつけたといえるのではないでしょうか。

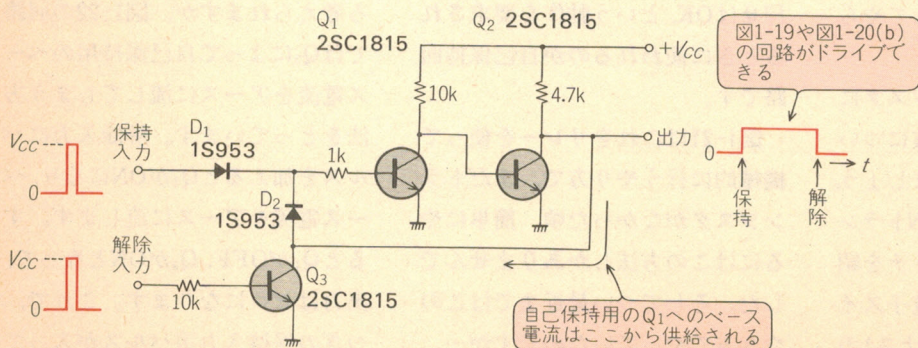
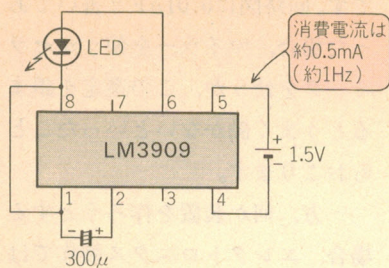
かつて，1981年1月号から1984年12月号にかけて，「初歩のラジオ」誌 (誠文堂新光社刊) で〝データブックには応用回路がいっぱい″という連載をやりました。これは各社のデータブックに紹介されている応用回路をなるべく忠実に再現してみるという目的で始めたのですが，データブックの中はまさに面白回路の宝庫でした。

そんな中でみつけたICにはTL430とかTL496，TL497，LM3911とかLM3915などがありましたが，もっとも注目を集めたのはナショセミのLM3909でした。

LM3909を紹介したのは連載の最初である1981年1月号で，それは図1-23のようなものでした。

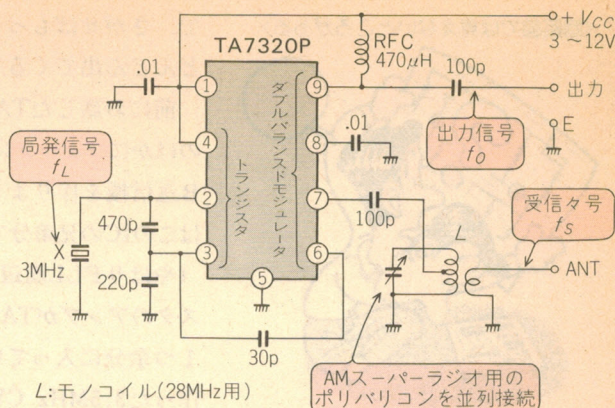
このICはちゃんと市販されており，安価なものでしたが，これまでは使われた例を見ませんでした。でも，発表後多くの方が使われたようで，いろいろな雑誌の製作記事に登場したものでした。

＊

ついでに，デバイスの目的外使

【図1-22】電子的にやる自己保持回路

電池の寿命

電池の大きさ	電池の種類	
	マンガン電池	アルカリ電池
単3型	3ヵ月	6ヵ月
単2型	7ヵ月	15ヵ月
単1型	1.3年	2.6年

【図1-23】見つけた新しい(面白い)IC

【図1-24】
目的外使用の例
／TA7320Pで作
るクリコン

各バンドの周波数関係

バンド (MHz帯)	受信周波数 f_S(MHz)	出力周波数 f_O(MHz)	ヘテロダイン
10	10.0→10.5	7.0→7.5	$f_O=f_S+f_L$
18	18.0→18.5	21.0→21.5	$f_O=f_S+f_L$
24	24.0→24.5		$f_O=f_S-f_L$

用の楽しみといったものにもふれておくことにしましょう。これも，具体的な例を紹介してみます。なお，このようなことはプロは絶対にしないでしょう。まずは，アマチュアの特権といったところです。

東芝のリニアICに，TA7320Pというのがあります。このICは，かつて盛んだったCBトランシーバのPLL周辺回路用として開発されたもので，中にはダブルバランスドモジュレータとトランジスタが1個入っています。ちなみに，CBトランシーバのPLLで扱う周波数は，10～30MHzといったところです。

さて，このICをPLLの周辺回路用としてみれば用途が限定されてしまいますが，トランジスタ1個とダブルバランスドモジュレータとみれば，用途は無限に広がります。

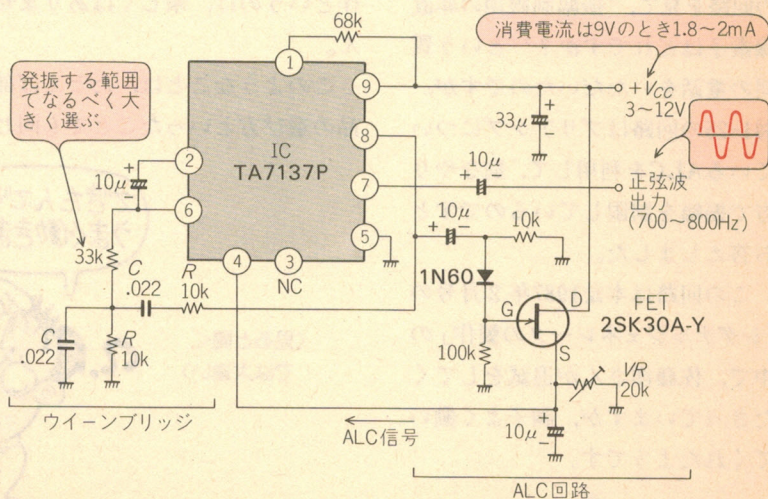
ダブルバランスドモジュレータの用途としては，ハムの世界だと周波数混合（ミクサ）やCW/SSBの検波といったものが思い浮かびます。

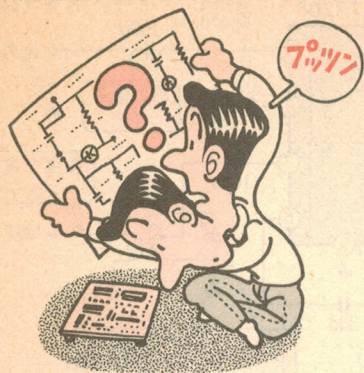
図1-24は，このTA7320Pでアマチュアバンドの10／18／24MHz帯（この3つは，1979年に行われたWARC'79で新しくハムに割り当てられたバンド）を受信するクリスタルコンバータを作ってみたものです。

局発はトランジスタを使って3MHzを発振させ，ピン6のところでダブルバランスドモジュレータに局発を注入しています。

このクリコン（クリスタルコンバータのこと）はとても簡単にできるのが取り柄で，その具体的な製作例は〝10／18／24MHz帯を受信するシンプルクリコン〟と題して，「エレクトロニクスアイデア製作集」（CQ出版刊）の中に紹介してあります。

ついでに，同じく「エレクトロニクスアイデア製作集」の中に納めた目的外使用の例をもう1つ紹介しておきましょう。

図1-25は，簡単で確実に正弦波が得られるオーディオ発振器です。ここで使われているTA7137Pは〝テープレコーダ用ALC付録音・再生プリアンプ〟というもので，本来の用途にはオーディオ発振器とい

【図1-25】目的外使用の例／ALCで振幅制限をしたオーディオ発振器

〈回路図では見えないところがある〉

うのはまったくありません。もっとも発振器は増幅器であればなんでも作れ，発振器専用のICというのはないのですが…。

…というわけで増幅器ならなんでも発振器が作れるはずなのに，TA7137Pを選んだ理由は，ALC付きというところにあります。

実は正弦波発振器がむずかしいのは振幅のコントロールで，ちょっと油断をするとすぐに方形波になったり出力波形がひずんでしまいます。そのようなわけで，従来のオーディオ発振器ではサーミスタや白熱ランプなど非直線性を持った素子を使って振幅のコントロールをしています。

去年の暮に関西の読者の方がこの回路を見て，〝振幅制限用の非直線素子はどれですか？〟という質問の電話をいただいたのですが，図1-25の回路はプリアンプについているALCを利用して，別なやり方で振幅を制限しているのですとお答えしました。

この回路は本誌1987年2月号の「シグナルジェネレータの製作」の中で，佐藤洋さんが追試をしてくださっていますが，調子よく働いてくれたようです。

＊

ここで紹介したのはほんの一例で，さがせばもっと面白いものがどんどん出てくるでしょう。

前にお話したTA7320Pでは，このほかにフェージングタイプのSSB送信機を作りましたし，最近ではこのICの兄弟分であるTA7310P（やはりPLL周辺用で，トランジスタのアンプがTA7320Pよりもう1つ余分に入っている）を使って作った3.5MHz CW受信機の製作例を「CQ ham radio」の1982年1月号に紹介してありますので，興味のある方はごらんになってください。

（3）違いのわかる男になろう

エレクトロニクス製作をするときには回路図がたよりですが，回路図にはその装置を完成させるためのすべての情報が入っているわけではありません。単に，電気的なつながりが示されているだけです。

そこで，回路図に表現されていないところをきちんととらえて製作しないと，うまく働かないということになります。成功しない製作というのは，楽しくはありません。

このようなことは，たとえば部品の選び方といったことでも同じです。回路図に0.01μFと書いてあった場合，マイラーを使うかセラミックを使うか，この選定を誤まるとうまく働かないといったこともおこります。

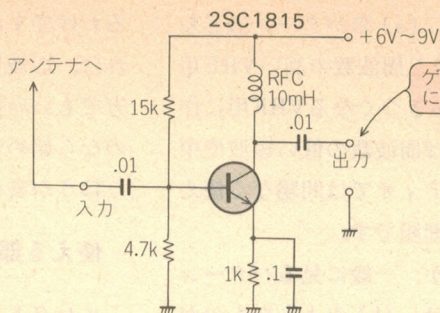
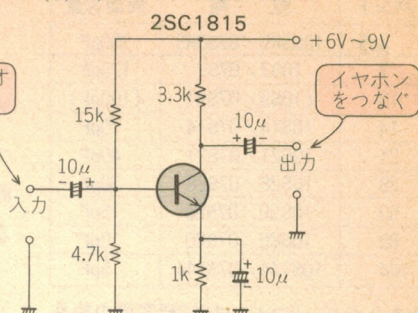
一方，何か装置を作ろうとする場合，エレクトロニクス製作では半導体部品を使うことになりますが，ディスクリートでやるかICでやるかといったことも，アマチュアにとっては面白いテーマです。この判断をするには，ディスクリートとICの得失がわかっていなければなりません。

〝百聞は一見にしかず〟ということわざもありますが，読者の方が回路図通りに作ったんだがうまく働かないといって持ってこられたとき，実際に働いているものと比べてみてその違いにあっと驚くこともあります。

そのもっともいい例は，安定化電源で出力が出ないというものでした。よく見ると，電流増幅用のトランジスタと放熱器の間に絶縁板が入っていないではありませんか。これは，絶縁板を入れ忘れたわけではなく，絶縁板を入れなければならないということを知らなかったわけなんですね。

まあ，回路図には書いてなくても放熱器とトランジスタの間には

〈見ると聞く
では大違い〉

【図1-26】
高周波用と低周波用の違いを読み取ろう

絶縁板を入れるのは常識だ，といってすましてしまえばそれまでなのですが，それ以来，初心者の方に読んでいただく製作記事には，めんどうでもそのたびに絶縁板のことを入れるようにしています。

回路図は同じでも…

ここでは，エレクトロニクス製作をするときに，作る物の扱う周波数の違いについて考えてみることにしましょう。

まず，いちばん簡単なトランジスタアンプを例にとると，低周波と高周波の違いは回路図の上でもよくわかります。

図1-26はその１例で，これは子どもたちにエレクトロニクスの手ほどきをしているカケンクラブ（東京・杉並区，☎03-331-9620）がゲルマラジオ用のアンプとして教材に使っているものです。

(a)が高周波アンプ，(b)が低周波アンプで，どちらかといえば周波数の違いがあまり回路図の上に表れていないほうの例ですが，それでもコレクタ負荷がRFCと抵抗というように違いますし，周波数特性を持っているコンデンサ類は高周波用と低周波用でははっきり違っています。

この２つのアンプは，(a)の出力をゲルマラジオのアンテナ端子へ，また(b)の入力をゲルマラジオのイヤホン端子へ，そして出力にイヤホンをつなぐと，ゲルマラジオとは思えないほどよく鳴ってくれます。ただし，両方いちどにつなぐと発振などのトラブルに見舞われることが多く，うまく働かせるのはむずかしいものです。実際にやってみるとわかりますが，どちらかというと(a)の高周波アンプのほうが効果的です。

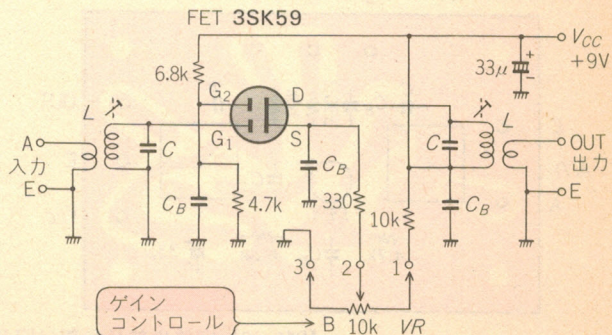
図1-27は，「自作派ハムの付加装置」（日本放送出版協会刊）で紹介したモノバンドプリアンプの回路図です。この本が出版されたのは1975（昭和50）年のことで，その後，新しい部品も登場しておりますので一部手直ししてありますが，基本的な回路には変わりありません。

さて，このプリアンプ，まったくこのままの回路でアマチュアバンドの3.5，7，10，14，21，28，50，144MHz帯，それにFM放送用の80MHzもOKですといったら，びっくりなさいますか。実は，これで特に支障はないのです。バイパスコンデンサ（C_B）は値を入れてありませんが，3～30MHzの短波用なら0.01μF，それ以上のVHF用なら0.001μFと決めてしまってもいいのです。

では，図1-27の回路図を与えられて，これでご自分の必要とするバンドのプリアンプをお作りくださいといわれたら，あなたはどうしますか。ここで，回路図には書かれていないバンドごとの違いを読み取らねばなりません。

まず必要なのは，部品の情報ですね。値や規格の示されていないもののうち，C_Bの値についてはすでにお話しましたが，コイル（L）の規格と同調容量のCの値が示されていません。実は，これらの部品がバンドによって違うわけです。

表1-1はLとして使えるFCZ研究所のハムバンドコイルと，それ

【図1-27】
多バンドで使えるプリアンプの回路

バンド	規　格	同調容量
3.5	10S3R5／07S3R5	390pF
7	10S7／07S7	120pF
10	(10S9／07S9)	(100pF)
14	10S14／07S14	70pF
21	10S21／07S21	40pF
28	10S28／07S28	30pF
50	10S50／07S50	15pF
80	10S80／07S80	10pF
144	10S144／07S144	5pF

注●ハムバンドコイルはFCZ研究所の製品

●10S9／07S9は9MHz用なので，10MHzで使うには同調容量の手直しが必要かもしれない

●10Sタイプは10mm角，07Sタイプは7mm角

【表1-1】Lとして使えるハムバンドコイルとC

に組み合わせる同調容量を紹介したものです。

さて，これで回路と部品のほうは手当てがつきましたが，実際に作る上で何か違いはないでしょうか。ここでは，プリント板のプリントパターンを考えてみることにしましょう。

まず，「自作派ハムの付加装置」に示されているのは図1-28(a)のほうです。これはアースの部分を広くとった（というよりも，あいている部分はみんなアースにした）パターンで，結論からいえば表1-1に示したすべてのバンド用に共通に使えます。

これは，(a)のパターンはどちらかというと周波数の高いVHF用で，条件がきつくなるVHF用に作っておけば周波数の低い短波や中波，オーディオでは問題なく使えるという理屈です。

ところが，一般に見るパターンというのは，(b)のようなものが多いでしょう。その理由はフォトエッチング用の版下の書きやすさとか，ディジタルのものを多く作っていて(b)のような書き方に慣れ親しんでいるから，といった理由によるものではないでしょうか。

私の場合には首尾一貫パターン書きは，プリント板にマジックインキで直接手で書くやり方をしており，(a)のような書き方に慣れてしまっているのですが…。

話をもとにもどして，この程度の簡単なものならVHFの144MHz帯でも(b)のやり方で問題なく働くと思いますが，高周波を扱う受信機とか送信機を作るとなると，(b)のやり方ではうまく働いてくれなくなってきます。

逆に，144MHz帯用のプリアンプを(b)のように作ってうまくいかないときには，(a)のようにやってみてください，ということになるわけですね。…ということであれば，短波用であれば(b)のやり方でもいいけれど，VHF用を作るのなら始めから(a)のように作ったほうが安全だというわけです。

使える部品，使えない部品

エレクトロニクス製作では，部品の選択に迷うこともあります。これは，その部品の用途や性質の違いを知っていれば迷うことはなくなるのですが，細かいところになるとなかなか判断のむずかしいものもあります。

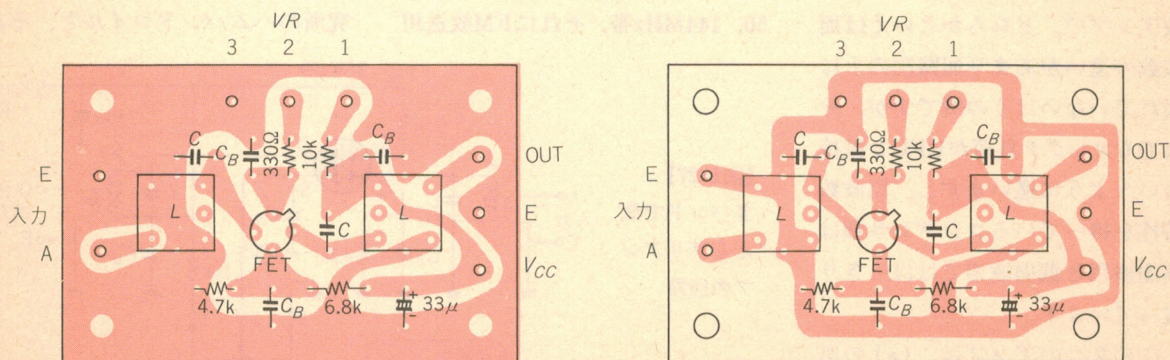
そこで，まずその筆頭は何千種類もあるトランジスタということになりますが，これについてはあとでお話することになっているので省略します。

●プリント板

プリント板もむずかしいことをいい出すと，材質だ厚さだ誘電率だとうるさいことになるようですが，私たちが入手できるのはベークか紙エポキシかガラスエポキシかといったくらいで，それ以上の素性は知るよしもありません。

そこで，私たちとしてはベークにするか紙エポにするか，ガラス

(a)　HFもVHFもOK

(b)　VHFには向かない

【図1-28】回路や部品配置は同じでも書き手でこんなに違う

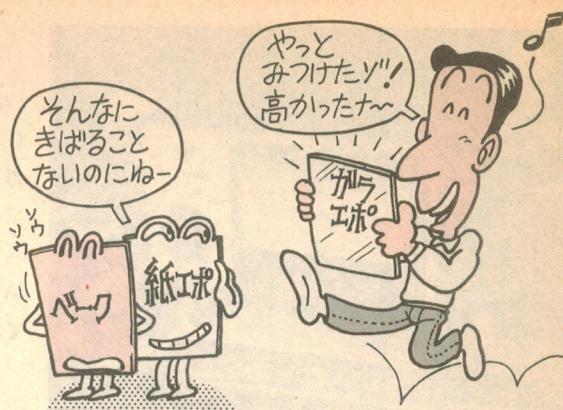
エポキシにするかといった程度の選択しかありません。

では，実例をあげてお話してみましょう。たとえば図1-27に示したプリアンプでは，性能的にはすべてベークでOKです。VHFだからといって，紙エポやガラスエポキシを使う必要はまったくありません。

私自身は，ベークはちょっと安っぽいし，ガラスエポキシは高価だし堅くてドリルの刃がすぐにだめになってしまうというわけで，中庸なところでもっぱら紙エポキシを愛用しています。

結論としては，アマチュアがエレクトロニクス製作を楽しむ程度のものであればプリント板の性能が問題になるようなことはなく，最終的には自分の好みで選べばいい，まあ，普通はベークか紙エポキシで十分，ということになるでしょうか。

●コイル

コイルはもともと高周波だけで使うものですからそうまぎらわしいことはないのですが，油断をすると用途を間違え，作ったものがうまく働かないということもあります。では，ここでも体験談を1つ紹介します。

たしかそれはアマチュア無線用の3.5MHz帯用のCW送信機を，最近はやりの広帯域アンプを使って作ったときのことですが（「CQ ham radio」1986年5月号に紹介），途中まではうまくいったのに，最後になってパワーが予定通り出てこないというトラブルに見舞われました。

その広帯域アンプというのは図1-29のようなもので，T_1とT_2が広帯域トランスです。そして，A点でちゃんと予定の5Wの出力が出ることを確認しました。

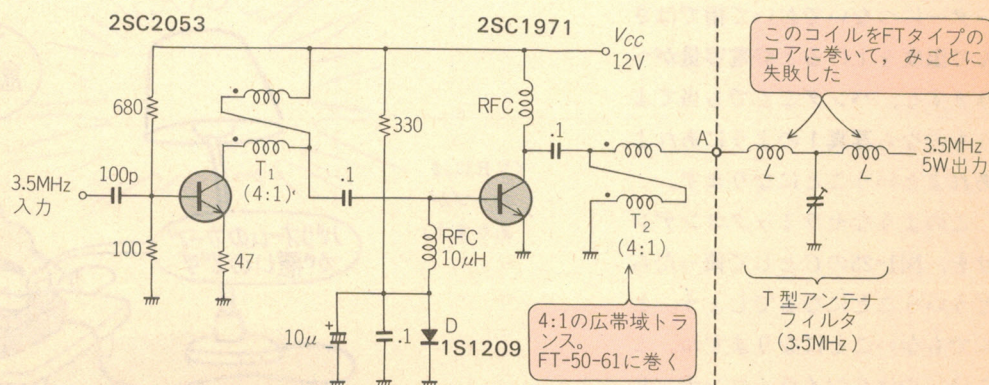
さて，つぎはこの送信機のスプリアスレスポンスが電波法の規定に合致するよう，このあとにT型アンテナフィルタを入れることにしたのですが，このコイル(L)をT_1やT_2と同じFTタイプ（これはアミドンのフェライトコアで，透磁率が高い）のコアに巻いたら，出力にパワーが出てこないのです。

そこで考えることしばし，T_1とT_2は広帯域トランス，T型アンテナフィルタ（詳細は「ハムのトランジスタ活用」157ページ参照）は共振回路であることに思い至りました。3.5MHzともなるとどうしてもコイルの巻き数が多くなるので，誘磁率の高いFTタイプのコアに巻いてしまったのですが，FTタイプのコアはRFトランス用なのです。

そこで早速，共振回路用のTタイプ（T-50-6に0.3ECを60回）にコイルを巻き直して，OKとなりました。

●コンデンサ

コンデンサにもいろんなものがありますが，普通のエレクトロニクス製作でしたら，電解コンデンサ，マイラーコンデンサ，セラミックコンデンサの3種類と考えていいでしょう。このうち，電解コ

【図1-29】トランスと共振回路の違いを忘れて失敗した

〈写真１〉
Cメーターで0.05μFのセラミックコンデンサの静電容量を測っているところ。ハンダごては熱を加えてみるためのもの

ンデンサは低周波専用と思っても間違いはありません。ただし，高周波回路でも電源回路には電解コンデンサをぶら下げておくのが常識ですが…。

ついでに低周波回路からすませておくと，0.001〜0.1μFといったところでしたらマイラーコンデンサを使っておくのが安全です。

ときとして，低周波回路でもセラミックコンデンサを使うことがありますが，その場合には注意しなければならないことがあります。

実は，セラミックコンデンサの0.01μFとか0.1μFといったものは高誘電率タイプと呼ばれるもので，静電容量の許容差は±20％（YY）とか＋80〜－20％（YZ）というように大きなものですし，温度特性も－20〜＋70℃で＋30〜－50(YY)，＋30〜－70（YZ）もあります。

このようなコンデンサは，Cメーターにつないでおいて指ではさんで温度を上げると静電容量がへりますし，ハンダごてでも当てようものなら**写真１**のようにあれよあれよということになります。

このようなセラミックコンデンサを，図1-25のCとして使ったらどういうことになるでしょう。とんでもないことになりますね。ここは，やはりマイラーコンデンサを使うべきです。

反対に，図1-26（a）のような高周波回路では，0.01μFや0.1μFと書いてあるのはマイラーではなく，セラミックコンデンサを使わねばなりません。それでも，中波くらいならマイラーコンデンサでもいいのですが，短波やVHFになるとマイラーコンデンサはコンデンサの役目をしなくなってしまいます。

●抵抗器

抵抗器は以前はカーボンとソリッドの両方がありましたが，最近ではカーボンだけになりましたからまず問題はないでしょう。

ここでは，可変抵抗器（バリオーム）のAカーブ，Bカーブのものの使い分けについてお話してみましょう。なお，規格の上ではCカーブとかDカーブというのもあり，用途によってはぜひほしいということもありますが，まず手に入りません。

いわゆるボリュームと呼ばれるものはAカーブを使うのが常識ですが，問題は図1-27のような場合です。この場合にはAカーブでは具合が悪く，感触としてはCカーブがよさそうなのですが，入手できないのでしかたなくBカーブにしてあります。

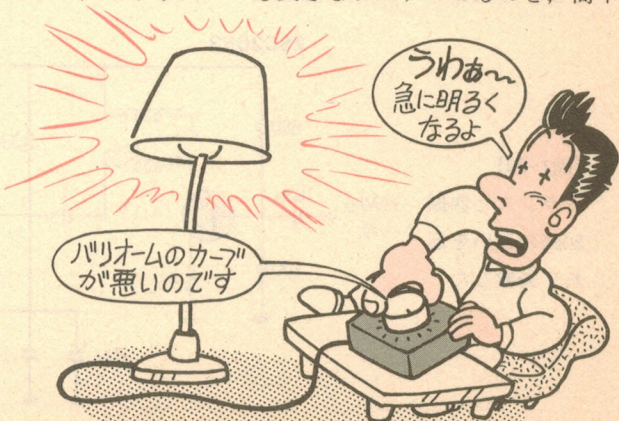
そのほか，タイマーの時間設定用などはBカーブ，調光器は自然な調光をするにはどうとかというように，やはり適したカーブというのがあります。

ここでは，バリオームにもカーブの違うものがあるということを覚えておいて，特殊なものであれば実際にやってみて決めるのがいいというように思っていただければいいと思います。

ディスクリートかICか

今のようにICの種類が豊富になり，ラジオだってワンチップでできるようになると，よっぽど簡単なものでない限りディスクリートでやる意味はなくなりそうです。では，ディスクリートとICの違いをちょっと考えてみることにしましょう。

ICのメリットは，なんといっても大きなシステムのものを，簡単

〈VRにはカーブがあります〉

に，しかも確実に手に入れることができるということでしょう。確実にということは，製作記事でいえば再現性がいいということになります。

このように，ICはアマチュアのエレクトロニクス製作にとっても有利なことばかりです。ICで作れるものは，どんどんICを使う時代だといえますね。

ここで，特にICのメリットが発揮されているものをいくつかあげてみましょう。

まず最初は，安定化電源用の3端子レギュレータです。この3端子レギュレータ，たとえば78L05を例にとると外観や性能は各社とも同じようなものですが，よく見ると中の回路は各社によってけっこう違っています。まあ，それはいいとして，**図1-30**はモトローラのMC78L00シリーズの3端子レギュレータの回路図です。あのトランジスタと同じパッケージの中に，こんなにたくさんのディスクリート部品がつまっているのです。

【図1-30】ICのメリットが大きい3端子レギュレータ

【図1-31】LM358で作る音声検出回路

今や，3端子レギュレータはICというよりは，トランジスタやコンデンサ，抵抗器といった1つのディスクリート部品の感じで使えるようになっています。

では，同じようにディスクリート部品の感覚で使えるものをもう1つあげておきましょう。それは，オペアンプです。

オペアンプも，今では単電源で，しかも3Vもあれば働くものが簡単に手に入ります。私が愛用しているのは安価なLM358で，8ピンDIPの中にオペアンプが2個入っています。

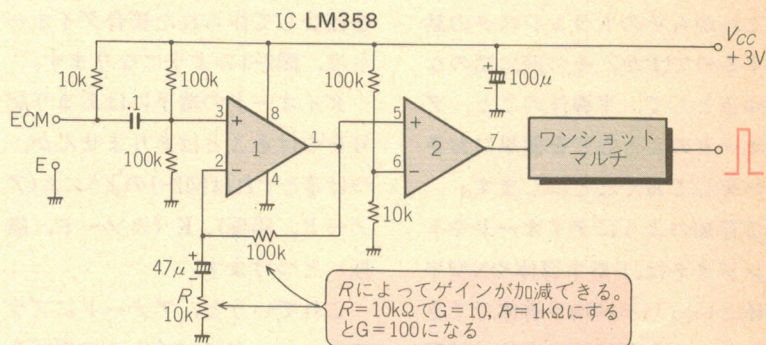



図1-31はLM358の応用例で，IC_1は非反転アンプです。Rによってゲインが加減でき，100倍までならまず安定ですし，無理をすれば1,000倍（60dB，この場合のRは100Ω）でもなんとか使えます。IC_2はコンパレータで，ここでレベル検出を行います。これで出力は出てくるのですが，実用に供するにはこのあとにワンショットマルチを置かねばなりません。

この回路は，ワンショットマルチにC-MOS ICの4001あたりを使ったとしても，電源電圧3Vから働き始め，12Vくらいまでそのままの回路で使えます。

…とこの回路をずっと愛用していたのですが，昨年になって，図1-31がそっくりICの中に入ってしまった形のNJM2072というICが登場し，もうこの回路も役目を終わりました。

これからはNJM2072を使うことになります。世の中，本当に日進月歩ですね。でも，LM358はこれからもいろんなところで活躍してくれることでしょう。

*

*

実用知識アナログ編

(1) トランジスタ 実践学

1948年にトランジスタが発明され，それまでの真空管の時代が終わりを告げました。そしてやってきたのがトランジスタに代表される半導体時代です。

これからそのトランジスタの話をするのですが，その前に話のなりゆきとして，半導体のこと，ダイオードのことなどを簡単におさらいをしておくことにします。

ご存知のようにダイオードやトランジスタは，P型半導体やN型半導体といった不純物半導体でできており，その不純物半導体は純度がテンナインとも呼ばれる真性半導体から作られます。

また，ダイオードやトランジスタを作るための半導体としては以前はゲルマニウムも使われましたが，今ではシリコンが主流で，最近ではガリウムひ素（ガリヒソと呼ばれる）も使われています。でも，トランジスタの材料は？ときかれたら，シリコンと答えても間違いではありません。

さて，P型半導体とN型半導体を接合して作られた接合ダイオードは，図2-1のようになります。

ダイオードの端子にはあまり記号をつけることはありませんが，つけるとすれば図2-1のようにA(アノード，陽極)，K（カソード，陰極）とつけます。

これでいうと，アノードにプラス，カソードにマイナスの電圧をかけたときにダイオードの中では接合面を越えてホールと電子が移動し，回路に電流が流れます。これが，順方向電圧という電圧のかけ方です。ダイオードに逆方向電圧をかけた場合には，電流は流れません。

そのようなわけで，ダイオードのテストはテスターで導通テストをすることにより行えます。この場合には電源はテスターの中にある電池になりますが，図2-2のように⊕端子にマイナス，⊖端子にプラスが出ていますので，電圧が順方向にかかるか逆方向にかかるか間違えないようにする必要があります。

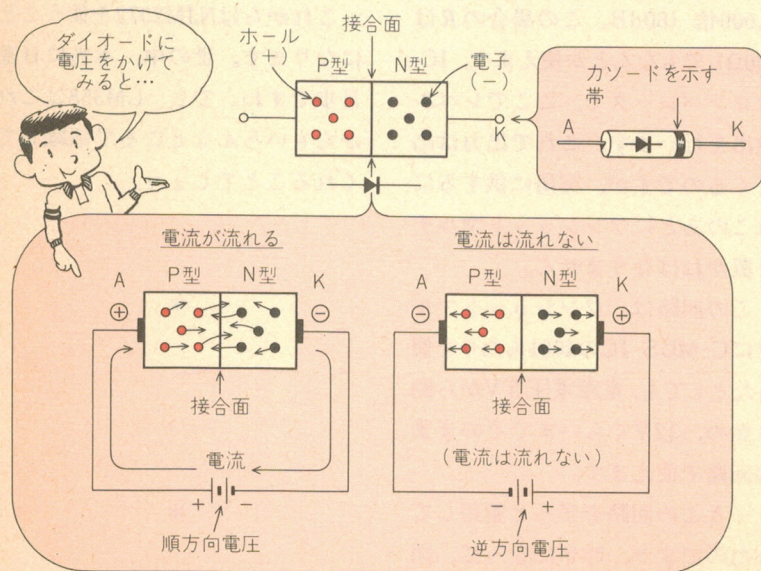
なお，ダイオードが良品か不良品かを判断するだけでいいのなら話は簡単で，とにかくテスト棒を入れかえて導通テストを行い，片方で導通があり，もう一方で導通がなければ良品です。

なぜここでこんな話をしたかというと，このやり方があとでトランジスタの良否のチェックに使えるからです。

PNPとNPNはどう違う⁉

では，トランジスタの話に移りましょう。

ご承知のようにトランジスタにはPNP型とNPN型があり，その構造は図2-3のようになっています。これを見るとわかるように，PNPとかNPNというのはトランジスタの構造そのものを表しています。

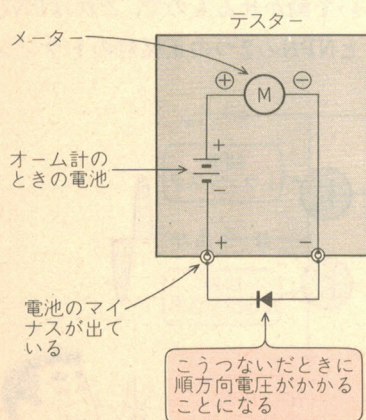
では，図2-3を見ながらPNPとNPNの違いを調べていくことにし

【図2-1】ダイオードとその性質

ましょう。

図2-3でわかるように，PNPとNPNでは構造がちょうど反対になっています。そのために，このあといろんなことがおこってきます。

まず，PNPとNPNでは型名が違っています。ごらんのようにPNPでは2SAと2SB，NPNでは2SCと2SDになっており，それぞれ用途を表しているのですが，これは一応の目やすです。

では，ここのところをもう少しくわしくお話してみることにしましょう。まず，2SBや2SDはまさに低周波用で，オーディオやスイッチング，電源といったところがその用途です。間違っても，短波やVHFのラジオ，無線機などには使えません。

ところが，高周波用となっている2SAや2SCの中には，用途が一般とか低周波，オーディオ，スイッチングなどとなっているものがたくさんあります。これらのものは，2SAとか2SCであってもちゅうちょなく低周波に使ってかまいません。2SC945や2SC1815のような，どんな用途にも使える万能形のトランジスタは，この2SAや2SCの中にあります。

【図2-2】 テスターでのテストは要注意

ただし，2SAや2SCの中には本来の高周波用としてHFやVHF，UHFでの用途をきちんと指定したものもあります。トランジスタの性能からいえばこれらのものも低周波で働かないことはありませんが，用途が違うのですからやはり使うべきではありません。

では，記号を見てみましょう。PNPとNPNで違っているのはエミッタについている矢印で，この矢印の方向には意味があります。

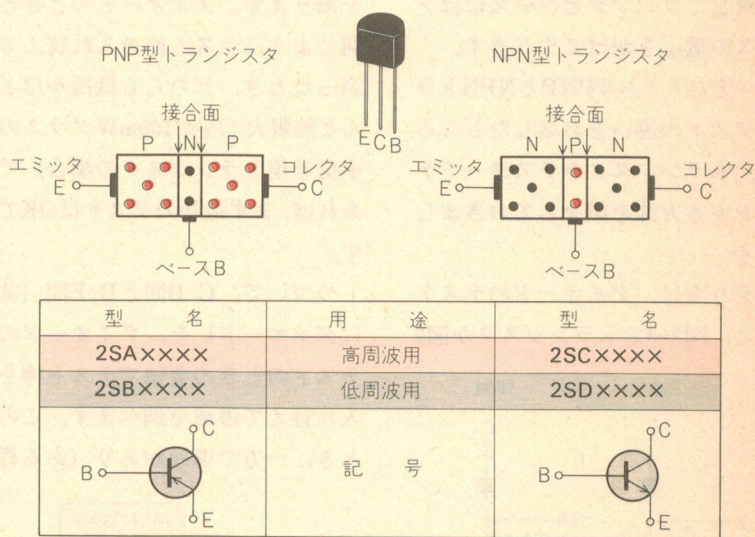
さて，トランジスタの基本的な働きは増幅作用を持っているということです。なぜトランジスタが増幅作用を持っているかの説明はここでは省略しますが，その秘密が図2-3に示したトランジスタの構造のうち，とても薄く作られたベースにあることはご承知のとおりです。

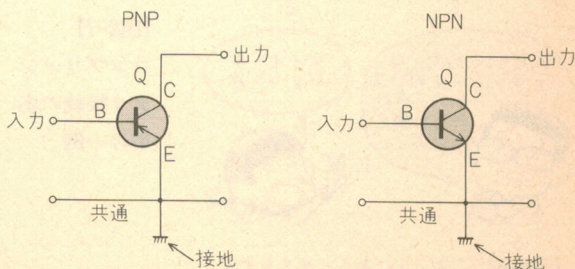
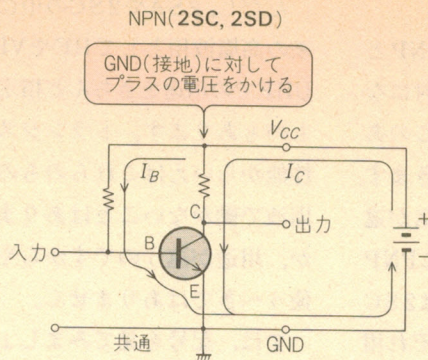
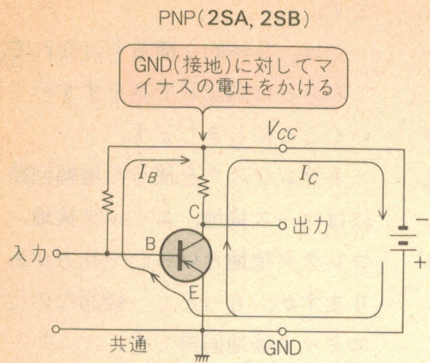
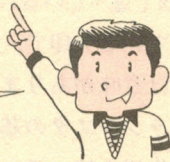
では，具体的な構造をはなれて，このあとは図記号で話をすすめていくことにしましょう。

トランジスタを使った増幅回路にはベース接地，エミッタ接地，コレクタ接地といったやり方がありますが，もっとも一般的なのはエミッタ接地回路です。

そこで，エミッタ接地回路を図記号で書いてみると，入力と出力は図2-4のようになります。これでわかるように，ベースが入力，コレクタが出力で，エミッタは入力と出力に共通です。そして，普通はこれが基準となり，接地されます。

このことを頭に置いて，PNPとNPNトランジスタへの電圧のかけ方を示してみると，図2-5のように

型　名	用　途	型　名
2SA××××	高周波用	2SC××××
2SB××××	低周波用	2SD××××
B C E	記　号	B C E

【図2-3】 トランジスタの構造と型名，記号

【図2-4】
エミッタ接地回路の入力と出力

【図2-5】 PNPとNPNでは電圧のかけ方が反対

なります。ごらんのようにPNPとNPNでは電圧のかけ方がまったく反対になっており，PNPでは共通であるエミッタに対してコレクタとベースにはマイナスの電圧を，またNPNでは共通であるエミッタに対してコレクタとベースにはプラスの電圧をかけてやります。

…とひととおりPNPとNPNトランジスタの違いをお話したところで，トランジスタをテスターでテストする方法を紹介しておきましょう。

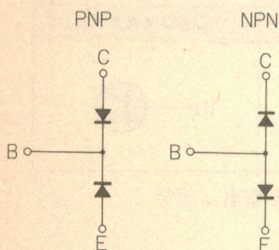
やり方は，ダイオードのテスト法と，図2-3でトランジスタが図2-6のように２つのダイオードと考えることができるということがわかれば，自然に分かるでしょう。

具体的なテストのやり方は，テスターをオーム計にして，まずC-E（コレクタとエミッタ）間の導通を測ります。ダイオードのときと同じようにテスト棒を入れ替えて測ったとき，どちらも抵抗がほとんど無限大（P_Cが100mWクラスの小信号用トランジスタの場合）であれば，まず最初のテストはOKです。

つづいて，C-B間とB-E間（共にダイオード）を，ダイオードのテストのときの要領でテスト棒を入れ替えて導通を調べます。このとき，一方で導通があり（ある程度の抵抗値を示す），もう一方で導通がなければ，そのトランジスタは良品ということになります。もし，今までやってきたテストの中で１つでもNGがでれば，それは不良品です。

＊

最後に，PNP型トランジスタとNPN型トランジスタの共同作業についてお話しておきましょう。それはコンプリメンタリ接続で，これは真空管では絶対に真似のできないものでした。

コンプリメンタリ接続というのは，PNP型トランジスタとNPN型トランジスタを図2-7のようにつないで働かせるもので，これはPNPとNPNの２つの正反対のトランジ

【図2-6】 このように考えてテストする

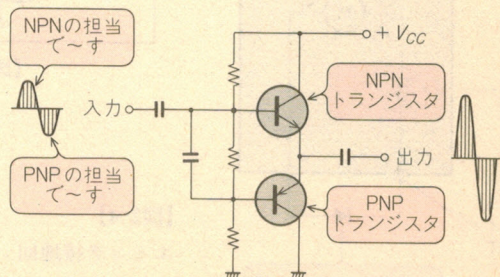
【図2-7】 コンプリメンタリ接続の応用の一例

スタがあったからできたことといえます。

図2-7は簡単なオーディオパワーアンプの例で，入力波形の正負に対してPNPとNPN型トランジスタが交互に働くプッシュプル動作をしています。プッシュプル増幅といえば昔はトランスで出力を合成していたのですが，コンプリメンタリ接続のおかげでトランスが不用になりました。

このコンプリメンタリ接続はとても便利なものなので，たとえば2SA1015と2SC1815というように最初からコンプリメンタリ接続できるように作られたトランジスタもたくさん用意されています。

規格の調べ方，規格表の見方

ごく一般的なトランジスタを使う場合には，わざわざ規格を調べなくてはならないということはまずないのですが，パワートランジスタで放熱設計をしなければならないとか，高周波高出力トランジスタで入出力結合回路の設計をしなければならないという場合には，規格がわからないとトランジスタが使えないということもおこります。

そこで，必要が生じたときにどうやって規格を調べたらいいかをお話してみることにしましょう。

まず，回路図を見て2SC2001と書いてあったとき，これがいったいどんなトランジスタだろう，用途はAFかRFかPAか，V_{CE}は何V?，小信号用なのかパワートランジスタなのか(P_C?)，I_Cは何mAくらいだろう，h_{FE}は大きいのかな？そして最後にピン接続はどうなっているだろう，といったそのトランジスタの大まかなプロフィールを知りたいといったときに役立つのが，すべてのトランジスタを一覧表形式で紹介してあるトランジスタ規格表と呼ばれるものです。

表2-1は，よく知られている「最新トランジスタ規格表」(CQ出版社刊）の2SC2001のところを示したものです。この規格表は年度版で発行されており，これは1986年度版のものです。

これを見るといろんなことが書

— 176 —

型名	社名	用途	構造	最大定格 (T_a = 25°C)					電気的特性 (T_a = 25°C)														外形	備考
				V_{CBO} (V)	V_{CEO} (V)	I_C (mA)	P_C (mW)	T_j (°C)	I_{CBO} 最大値 (μA)	V_{CB}(V)	直流またはパルス h_{FE}	V_{CE}(V)	I_C(mA)	バイアス V_{CB}(V)	I_E(mA)	h_{fe} h_{fb}*	h_{ie} h_{ib}* (Ω)	h_{re} h_{rb}* (×10⁻⁴)	h_{oe} h_{ob}* (μS)	f_{ab} f_T* (MHz)	C_{ob} (pF)	$r_{bb'}$ h_{ie}(real)* (Ω)		
2SC1991	日電	RF	Si. E	60	60	100	625	150	0.05	60	170	10	2	6	−10					250*	1.5	$C_c r_{bb'}$ 40ps	138D	
〃 1992	〃	RF. AF	〃	50	45	100	300	150	0.06	50	235	5	2	5	−2	238	5 k	5	32	300*	3	$C_c r_{bb'}$ 250ps	138F	
〃 1993	〃	〃	〃	30	20	100	300	150	0.06	30	290	5	2	5	−2	330	5 k	5	32	300*	3	$C_c r_{bb'}$ 250ps	138F	
〃 1994	〃	RF.AF.LN	〃	45	30	100	300	150	0.06	45	380	5	2	5	−10	NF=1.5dB (f=1kHz, V_{CE}=5V, I_C=0.2mA)				300*	3	$C_c r_{bb'}$ 250ps	138F	
〃 1995	〃	〃	〃	50	45	100	300	150	0.06	50	380	5	2	5	−10	NF=1.5dB (f=1kHz, V_{CE}=5V, I_C=0.2mA)				300*	3	$C_c r_{bb'}$ 250ps	138F	
〃 1996	〃	RF	〃	50	45	800	625	150	0.1	20	200	1	100	5	−10					100*	11	$C_c r_{bb'}$ 100ps	138F	
〃 1997	〃	〃	〃	30	20	800	625	150	0.1	20	200	1	100	5	−10					100*	11	$C_c r_{bb'}$ 100ps	138F	
〃 1998	〃	RF. AF	〃	80	65	100	500	150	0.05	80	140	5	2	5	−2	320	5 k	4.9	28.5	300*	3.7	$C_c r_{bb'}$ 250ps	138F	
〃 1999	〃	〃	〃	50	45	100	500	150	0.05	50	140	5	2	5	−2	320	5 k	4.9	28.5	300*	3.7	$C_c r_{bb'}$ 250ps	138F	
〃 2000	〃	RF	〃	60	50	200	600	150	0.1	60	90	6	1	6	−1					70*	3.7	$C_c r_{bb'}$ 6ps	138	
〃 2001	〃	RF.AF	〃	30	25	700	600	150	0.1	30	200	1	100	6	−10					170*	13	$C_c r_{bb'}$ 50ps	138	2SA952とコンプリ
〃 2002	〃	〃	〃	60	60	300	600	150	0.1	60	200	1	50	6	−10					140*	7	$C_c r_{bb'}$ 25ps	138	2SA953とコンプリ
〃 2003	〃	〃	〃	80	80	300	600	150	0.1	80	200	1	50	6	−10					140*	7	$C_c r_{bb'}$ 25ps	138	2SA954とコンプリ
〃 2004																								
〃 2005																								
〃 2006																								
〃 2007																								
〃 2008	ソニー	RF	Si. E	35	35	100	300	100	0.2	15	70	3	1	10	−5					560*	1.5	$C_c r_{bb'}$ 8ps	138F	
〃 2009	〃	〃	〃	35	35	25	250	100	0.3	15	70	3	1	10	−10					630*	1.4	$C_c r_{bb'}$ 8ps	138C	
〃 2010	〃	〃	〃	35	35	30	300	100	0.2	15	70	10	4	10	−4					400*	1	$C_c r_{bb'}$ 12ps	138C	
〃 2011	〃	〃	〃	30	15	50	250	100	0.2	15	50	3	1	10	−8					630*	1.3	$C_c r_{bb'}$ 16ps	138C	
〃 2012	〃	〃	〃	30	30	30	500	120	1	25	80	6	1	6	−1					200*	2	$C_c r_{bb'}$ 25ps	138	
〃 2013	〃	〃	〃	35	35	25	300	100	0.2	15	100	10	4	10	−4	NF= 3 dB (12V, 4 mA, 200MHz)				700*	1	$C_c r_{bb'}$ 10ps	138C	
〃 2014	〃	LN	Si.EPa	100	50	200	500	120	0.1	50	95〜420	3	10	10	−10					100*	7		138	2SA1066とコンプリ
〃 2015																								
〃 2016																								
★ 〃 2017	三菱	SW	Si. T	450	400	10A	100W (T_C=25°C)	150	100	450	>10	3	5 A	10	−500	t_r=0.4μs, t_f=0.5μs t_{stg}=2.5μs				>10*			102	
★ 〃 2018	〃	〃	〃	300	300	15A	100W (T_C=25°C)	150	100	300	>12	3	10A			t_r=0.4μs, t_f=0.6μs t_{stg}=2.4μs							102	
★ 〃 2019	〃	〃	〃	300	250	15A	100W (T_C=25°C)	150	100	300	>15	3	10A			t_r=0.4μs, t_f=0.6μs t_{stg}=2.4μs							102	
〃 2020	ソニー	RF. PA	Si.E	45	20	2 A	12W (T_C=25°C)	150	2	40	60	2	100	2	−100	P_O=7W, (f=27MHz, V_{CC}=12V, P_i=0.2W)				270*	20		268	

【表2-1】トランジスタの規格表の一例(CQ出版・「最新トランジスタ規格表」より)

〈トランジスタを使う上で必要なこと〉

いてありますが，トランジスタを使う上で普通に役に立つのは，用途，最大定格のところのI_CとP_C，電気的特性のところのh_{FE}，f_T，それに外形，備考といったところです。これだけのことを調べれば，トランジスタのだいたいの素性がつかめます。

さらにくわしい素性となると，データシートや，データシートをまとめて作られたデータブックを見なければなりません。最近では各メーカーが作っているデータブックが半導体部品を売っているお店（たとえば，亜土電子工業の〝ADOマイコンデータショップ〟や〝ADOデータブック販売部〟など）で買えるようになってきています。

では，トランジスタの規格表やデータシート（データブック）を見ながら，活用の勘どころをお話してみることにしましょう。なお，用意したデータシートは2SC1815のものです。

まず規格表に示された用途ですが，これはメーカーがデータシートの中で推奨しているものです。したがって，トランジスタを使用する上での重要な参考にはなりますが，アマチュア的にはこれにこだわる必要はありません。たとえば，今までにもたびたび出てきている2SC1815のところを見ると〝AF〟とだけ（2SCなのに…）書いてありますが，スイッチングやPA，短波くらいまでのRFにはどんどん使われています。

I_C，P_Cは普通は気にすることはないのですが，パワーアンプに使うとかリレーをON／OFFする電子スイッチに使うというときには気にする必要があります。たとえば2SC1815のI_Cの最大定格は150mAですから，余裕をみて100mAくらいのリレーまでにしか使えません。それ以上は，2SC2001クラスが必要になります。

ただし，スイッチングに使うときには図2-8に示したようにV_{CE}はわずかな値になりますから実際に発生するコレクタ損失は意外に少なく，したがってP_Cはあまり気にする必要はありません。P_Cが問題になるのは，むしろリニア動作のときだということを覚えておいてください。なお，図2-8に示した値は2SC1815のデータシートに示された$V_{CE(Sat)}$の測定条件を例にしてあります。

真空管と比べてトランジスタが違うなと思うのは，h_{FE}のバラツキです。2SC1815ではなんと70～700に広がっており，これは表2-2のようにランク分けされています。これは，製作記事などでときどき2SC1815-Yというように示されているもので，トランジスタを見ると書いてあります。なお，Oはオレンジという意味ですが別に色表示されているわけではなく（最初は色表示するつもりだったのかもしれない），文字で書かれています。

製作記事を見たときに，2SC1815というようにh_{FE}のランク分けの表示がついていない場合にはどれでもいいという解釈もできますが，普通は中庸なところのYかGRを選ぶのが常識です。実際に市販されているものも，このYがGRのものが大部分です。

ところで，2SC1815のh_{FE}の70～700のときの測定条件は図2-9(a)のように$V_{CE}=6$V，$I_C=2$mAのときのものなのですが，データシートのほうをみるともう1つ図2-9(b)のデータが示されています。これを見ると，I_Cが150mAになるとh_{FE}が半分以下になっているのがわかるでしょう。

§1で，トランジスタをスイッチ

V_{CC}
Ry
Q
2SC1815
$I_C=100$mA
$I_B=10$mA
$V_{CE(sat)}=0.1$V(typ)
コレクタで発生するコレクタ損失P_Cは
$P_C=I_C\times V_{CE}=0.1\times0.1=0.01$[W]

【図2-8】スイッチングではコレクタ損失は少ない

分　類	h_{FE}
O(オレンジ)	70～140
Y(イエロー)	120～240
GR(グリーン)	200～400
BL(ブルー)	350～700

【表2-2】2SC1815のh_{FE}のランク分け

ングで使う場合のh_{FE}についてちょっと触れましたが，実はこのようなわけだったのです。図2-8を見るとベース電流を10mAも流していますが，ここにもその様子がよく表れています。

f_Tについては2SC1815で80MHz以上ありますから，短波以下の使用であればまず問題はありません。

f_Tを気にしなくてはならないのは，FM(76～90MHz)やTV(VHFで90～222MHz，UHFで470～770MHz）で使うトランジスタを選ぶ場合です。このあたりになると，f_Tは1,000MHz以上のものを使うことになります。

最後に，規格表に示されている外形や備考です。まず，トランジスタの場合，外形やピン接続は大部分が同じですから，規格表を見なければならないという機会は少ないでしょう。

しかし，マイクロディスクや高周波高出力用の中には変わった形のものもありますし，2SC1393のように普通の形をしているのにピン接続の違うものもあります。こういう場合には，トランジスタ規格表が役に立ちます。

備考のところには，コンプリメンタリの相手や，ダーリントン接続だといったことが示されています。いずれも，役に立つ情報です。

最後に，用途から自分のほしいトランジスタをさがす方法をお話しておきましょう。

〈ピン接続にも注意〉

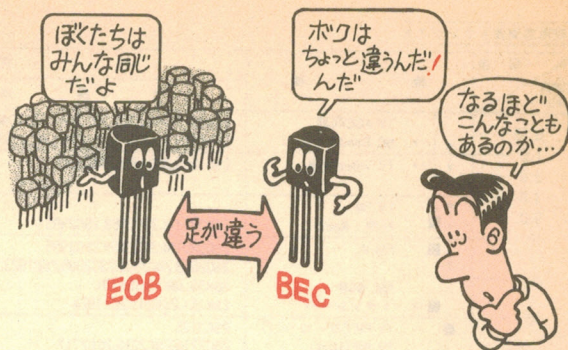
ぼくたちはみんな同じだよ

ボクはちょっと違うんだ!んだ

なるほどこんなこともあるのか…

足が違う

ECB

BEC

まず，表2-1のトランジスタ規格表が利用できるのは，高周波高出力トランジスタをさがす場合です。この用途のものは，何MHzで電源電圧が何Vのとき何Wの出力が得られるか，ということが具体的に示されています。

いちばん役に立つのは，メーカーが発表しているデータブックや規格一覧表などについている〝用途別一覧表〟です。**表2-3**はその一例で，これだとズバリ，目的のトランジスタが選べます。

トランジスタをいじってみる

§1で普通に使う回路は決まっている，そのつど設計しなおすことはないといいましたが，その回路がどのようにしてできあがったのかをちょっと調べてみることにしましょう。

●増幅回路の設計

では，2SC1815を例にして，**図2-10**のようなごく普通の増幅回路の設計をしてみましょう。なお，ここでやるのはトランジスタの動作点を決めることです。もう少し具体的にいえば，バイアス電流，トランジスタでいえばベース電流の値を決める作業をすることになります。なお，R_LとR_E，r_L，それにh_{FE}は設計のための条件で，結果がうまくなければこれらの値を選び直してやり直さなければなりません。

まず，図2-10で直流負荷抵抗（R_L+R_E）と交流負荷抵抗（R_Lとr_Lの並列接続）を計算しておきます。

では，トランジスタのデータシートからV_{CE}-I_C特性図を取り出し，設計にかかりましょう。**図2-11**がそれで，2SC1815のデータシートに示されたものは，コレクタ電流が240mAまでプロットされていて使えなかったので，$h_{FE}=200$として作り直してあります。

(a)

h_{FE1}＝70～700

I_C＝2mA

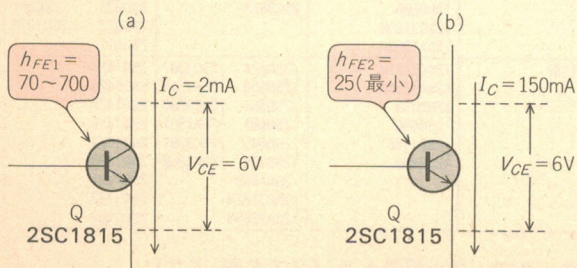
V_{CE}＝6V

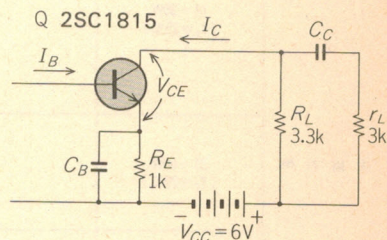
Q 2SC1815

(b)

h_{FE2}＝25(最小)

I_C＝150mA

V_{CE}＝6V

Q 2SC1815

【図2-9】 コレクタ電流をたくさん流すとh_{FE}が小さくなる

●設計資料

直流負荷抵抗…1＋3.3＝4.3[kΩ]

交流負荷抵抗…$\frac{3.3\times3}{3.3+3}$≒1.6[kΩ]

2SC1815のh_{FE}≒200

【図2-10】 この回路を設計してみる

一般用高周波トランジスタ

周波数 MHz ＼ 用途	機種	小信号 増幅用	小信号 発振用	大信号
0.55 1.0	TV AGC同期 BC Band Radio	2SC1815, 2SA1015, 2SC2458, 2SA1048 2SC1815, 2SC2458, 2SC380TM, 2SC2669, 2SC941TM	2SC1815, 2SC2458 2SC380TM, 2SC2669	
2.0	TV Video増幅	2SC1959, 2SC1815, 2SC2458		2SC2229, 2SC2068, 2SC1569, 2SC2482, 2SC3333, 2SC3334 2SC3619, 2SC3424, 2SA1320, 2SA1321, 2SA1361
3.0 5.0	TV SIF 短波 Radio	2SC380TM, 2SC2669, 2SC2995	2SC380TM 2SC2669, 2SC2995	
10 20	FM IF AM, SSB トランシーバ	2SC380TM, 2SC2669, 2SC2995 2SC2668, 2SC2669, 2SC2995, 2SC1923, 2SC380TM 3SK59, 3SK73, 3SK101 2SK161, 2SK241, 2SK192A	2SC2995 2SC380TM 2SC2669	2SC1678, 2SC2098 2SC2036, 2SC2075
30 50	TV PIF(ヨーロッパ) TV PIF(USA) トランシーバ TV PIF(日本) FM	2SC3125 2SC2215, 2SC2216, 2SC2717 2SC382TM, 2SC383TM, 2SC388ATM 2SC1923, 2SC2668, 2SC2995, 2SC3717 2SK161, 2SK192A, 3SK59, 3SK73, 3SK101 2SK241, 3SK114, 3SK126, 3SK159, 3SK160	2SC1923 2SC2668 2SC2995	
100 200	VHF TV	3SK101, 3SK114, 3SK126, 3SK159, 3SK160 2SC2805, 2SC2806, 2SC3122, 2SC2347, 2SC2348 2SC3123, 2SC3136, 2SC3172 3SK63, 3SK152, 3SK153	2SC2806 2SC2349 2SC3124	2SC994 2SC1199 2SC1164, 2SC2318(共聴増幅器用)
300 500	UHF TV	2SC2498, 2SC2499, 2SC2644, 2SC3098, 2SC3099 2SC2804, 2SC2805, 2SC3137, 2SC3602, 2SC3119 2SC3120, 2SC3121, 2SC3828, 2SC3862 3SK115, 3SK102, 3SK121, 3SK127, 3SK140 3SK145, 3SK146	2SC3120, 2SC3121 2SC3137, 2SC2805 2SC2347 2SC3547A 2SC3926	2SC1164, 2SC1199, 2SC2318 2SC2319 (共聴増幅器用)
1000 5000		2SA1245 2SC2753, 2SC3011, 2SC2876, 2SC3268, 2SC3302 2SC3605, 2SC3606, 2SC3607, 2SC3608, 2SC3609 2SK590, 2SK618		

一般用低周波トランジスタ

＊(印はコンプリメンタリペア

分類	コレクタ損失 P_c	シリコン・トランジスタ $V_{CEO}(V_{CER})$ <50V	50V	80V	120V	120～300V	>1000V
小電力低雑音	<500mW	2SC2878 2SK147 (2SK146 (2SK170 2SJ73 2SJ74 (2SK147 (2SK389 2SJ72 2SJ109	2SK30ATM (2SA1015 2SK246 2SC1815 2SK117 (2SC2458Ⓛ 2SK118 2SA1048Ⓛ 2SK184 2SC732TM	(2SC2868 2SA1158 2SK373 (100V)	(2SC2240 2SA970		
小電力増幅用	<500mW	(2SC1959 (2SC2710 2SA562TM 2SA1150	(2SC1815 (2SC2458 2SA1015 2SA1048		(2SC2240 (2SC2459 2SA970 2SA1049		
中出力用	0.51～1W	(2SC2120 (2SC3279 2SA950 2SA1300 2SC2703 (2SC2500 (2SC2236 2SA1160 2SA966 (2SC496 2SA496	(2SC2655 2SA1020 (2SC495 2SA505 2SC2794	(2SC1627 2SA817 (2SC1627A 2SA817A	(2SC2235 2SA965	(2SC2229 2SC2230 2SA949 2SC2230A (2SC2383 2SC2482 2SA1013 (2SC2705 2SA1145	
	1.1～10W (T_c=25℃)	(2SC2877 (2SC2270 2SA1217 2SA1120 (2SC1173 2SA473		(2SC1626 2SA816		(2SC3423 2SA1360 2SC2068	
大出力用	11～30W (T_c=25℃)		(2SC2562 2SA1012 (2SC790 2SA490 (2SD880 2SB834 (60V) 2SD1052 2SD1052A	(2SD526 2SB596	(2SC2824 2SA1184 (2SC1625 2SA815	2SC1569 (2SC2238 2SC2231 2SA968 2SC2231A (2SC2238A (2SC1624 2SA968A 2SA814 (2SC2238B (2SC2073 2SA968B 2SA940 (2SC3621 2SC2233 2SA1408 2SC2456 (2SC2483 2SC2242 2SA1195	
	31～60W (T_c=25℃)		(2SB553 2SD553 (2SB754 2SD844	(2SB753 2SD843	(2SD525 2SB595 (2SD716 2SB686 (2SC3180N 2SA1263N	2SD1069 2SD1090 2SC1617 2SC3813	2SD818 2SD868 2SD819 2SD869 2SD820 2SD870 2SD821 2SD871 2SD822 2SD1279 2SD811
	61～200W (T_c=25℃)		2SD717 2SD1092 2SD777 2SD1294 2SD1208	2SD1187	(2SC3181N 2SA1264N (2SD718 2SB688 (2SD1148 2SB863	(2SD424 (2SC3907 2SB554 2SA1516 (2SD551 (2SC3280 2SB681 2SA1301 (2SD845 (2SC3281 2SB755 2SA1302 2SC1195 (2SC3182N 2SA1265N	2SD1425 2SD1426 2SD1427 2SD1428 2RD1429 2SD1430 2SD1431 2SD1432 2SD1433

【表2-3】用途別一覧表の一例(「'86東芝半導体データブック小信号トランジスタ編」より)

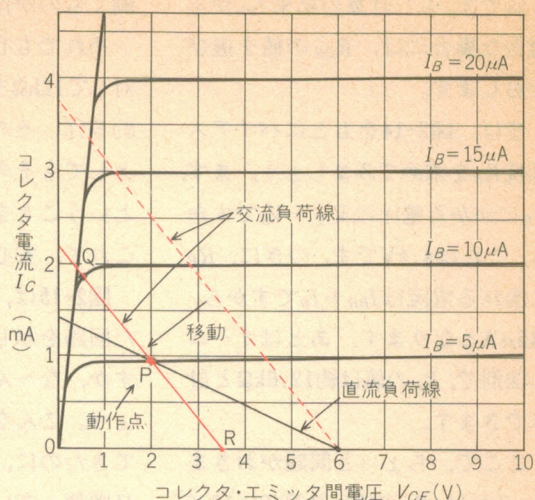
作業の最初は，図2-11の上に直流負荷線と交流負荷線（点線のほう）を引くことから始めます。直流負荷線のほうで説明すれば，I_C＝0のときにはV_{CE}は6Vとなり，V_{CE}がゼロとなるときのI_Cの値はオームの法則で約1.4mAと計算できますから，この2つの条件のところを結びます。交流負荷線もとりあえず同じように考えて，点線のように引きます。

ここで，直流負荷線の意味は，図2-10の回路では，ベース電流I_Bを変えたときに2SC1815のI_CとV_{CE}はこの直流負荷線の上を移動する，ということです。現実の動作は，この直流負荷線の上で行われます。

…というわけで，点線のように引けた交流負荷線を直流負荷線の上に移動しなければなりませんが，図2-10の条件をくずさないようにするには，平行移動をさせればいいわけです。

そこで，点線で示した交流負荷線を直流負荷線と重なるところに平行移動し，しかも$\overline{QP}$と$\overline{PR}$の長さが同じになるようにしたところで，動作点Pが決まります。ここで，$\overline{QP}=\overline{PR}$の条件は，入力波形の上下を等しく増幅するためのものです。

これで，動作点を求める設計を終わりました。図2-10の回路をうまく働かせるにはI_Bを約5μA流せばよく，そのときのV_{CE}は約2V，

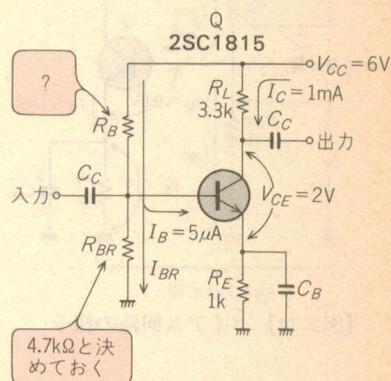
【図2-11】
2SC1815の動作点Pを決める

I_Cは1mAだということがわかります。

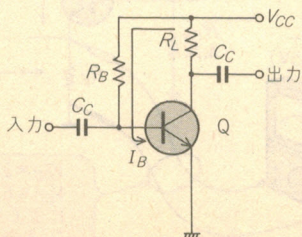
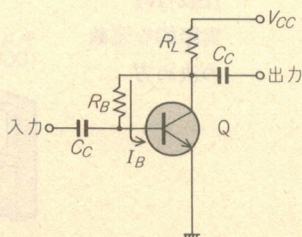
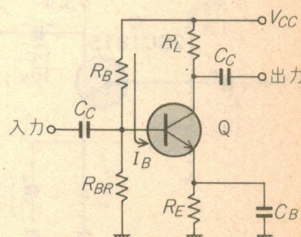
動作点が求まり，ベース電流が決まったところで，バイアス回路の設計に移りましょう。

トランジスタのバイアス回路には図2-12のように固定バイアス回路，自己バイアス回路，電流帰還バイアス回路といったものがありますが，もっとも一般的なのは(c)の電流帰還バイアス回路です。では，これでバイアス回路を設計してみることにします。

図2-13は，今までの設計でわかったこと（V_{CE}，I_C，I_B）と，これから設計するバイアス回路を示したものです。バイアス回路はR_B，R_{BR}，R_Eからできていますが，R_Eはすでに1kΩと決めてあります。ブリーダ電流を流すR_{BR}を4.7kΩとして設計を始めることにします。

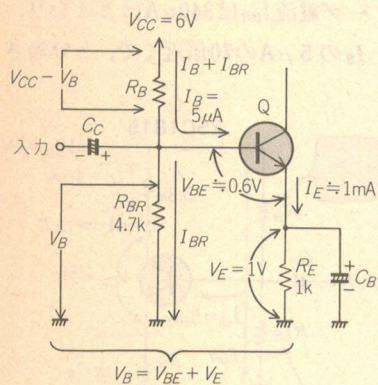
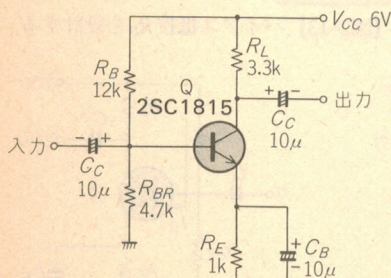
なお，ブリーダ電流I_{BR}はバイアス電圧を安定にするためのもので，I_Bの数倍～数十倍流しておきます。

では，バイアス回路のまわりの様子を整理してみることにしましょう。図2-14はその様子を示したもので，V_{BE}はシリコントランジスタの場合約0.6Vです。これから，まずバイアス電圧V_Bが1.6Vと求まります。すると，R_{BR}に流れるブリーダ電流I_{BR}は340μAほどとなり，I_Bの5μAの70倍近くで，十分過ぎ

【図2-13】バイアス抵抗R_Bを設計する

【図2-12】
実用されている
バイアス回路の
いろいろ

(a) 固定バイアス回路

(b) 自己バイアス回路

(c) 電流帰還バイアス回路

る値です。もし計算の結果I_{BR}が不適当な場合には，R_{BR}の値を選びなおします。

では，図2-14をもとにバイアス抵抗R_Bを求めてみましょう。まず，R_Bにかかる電圧は$V_{CC}-V_B$ですから，これは4.4Vです。つぎに，R_Bに流れる電流は$I_{BR}+I_B$ですから，345μAとなります。あとはオームの法則で，R_Bの値は約12.6kΩと計算できます。

ここで，ちょっと問題がおきます。それは，R_Bの値は計算では12.6kΩと出たのですが，現実には12.6kΩという抵抗器は売っていません。入手できるいちばん近い値のものは，一般的な許容差±5％のE24で選ぶと12kΩということになります。実際問題としては12.6kΩにきちんと合わせることはまったくなく，12kΩで十分ですし，12kΩがなければ10kΩでも15kΩでも支障なく

【図2-14】バイアス回路の様子

【図2-15】完成した増幅回路

働くものが作れます。

それでも心配な方は，12.6kΩに対して12kΩを使った場合の誤差は約5％，その差がもろに出てきたとしてもその影響は5％しかないということを理解してください。これで，安心できましたか。

図2-15は，こうしてできあがった回路を示したものです。どうですか，な～んだと思ったことでしょう。こんなに一生懸命に設計してきたのに，できあがったものは日頃使っているのと同じじゃないかと…。そう，そのとおりなのです。これで使うたびにいちいち設計しなおす必要はないのだ，ということがおわかりいただけたと思います。

でも，ちょっと待ってください。今までの設計はトランジスタのh_{FE}は200でやってきたのですが，表2-2でわかるようにh_{FE}のバラツキは10倍もあります。これでは今までの苦労が水の泡ではないかと思われるかもしれません。でも，その心配はありません。

まず，図2-11でh_{FE}が変わってもP点の位置は同じで，h_{FE}の違いが出てくるのはI_Bのスケールだけです。具体的にいえば，P点のI_Bは，h_{FE}が100になれば$I_B=10\mu A$になり，h_{FE}が500になれば$I_B=2\mu A$になるというだけの話です。ちなみに，$I_C=I_B\times h_{FE}$であることはおわかりですね。

では，この結果を図2-14で検討してみましょう。I_Bの5μAがh_{FE}が100だと10μA，h_{FE}が500だと2μAに変わるわけですが，ブリーダ電流I_{BR}を340μAも流してありますから，R_Bを決めるI_B+I_{BR}にはほとんど影響を与えません。こうしてみると，I_{BR}の役目がよくわかるでしょう。

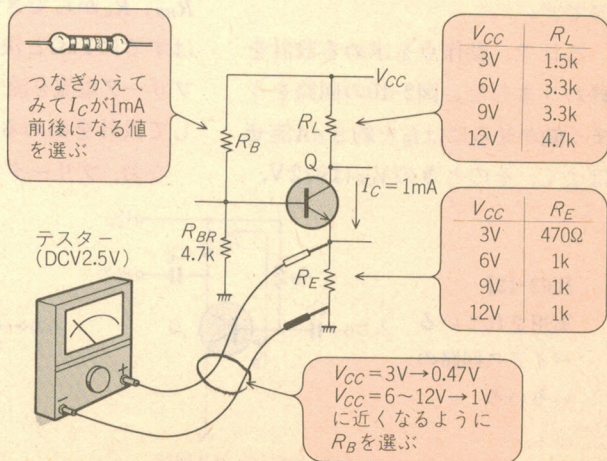
ついでに，電源電圧が変わった場合の簡便設計法をお話しておきましょう。

図2-16はその様子を示したもので，これは一応のめやすです。値の選択は独断と偏見によるかなり経験的なものですが，I_Cを1mAと決め，R_LはV_{CE}がほぼ電源電圧の半分になるように選んであります。

R_Eはバイアス回路の安定化からいえば大きいにこしたことはないのですが，1kΩもあれば十分です。反対に，電源電圧が低い場合にはここでの電圧のロスはいたいので，$V_{CC}=3V$のときだけR_Eをへらしてあります。

V_{CC}	R_L
3V	1.5k
6V	3.3k
9V	3.3k
12V	4.7k

V_{CC}	R_E
3V	470Ω
6V	1k
9V	1k
12V	1k

【図2-16】実際的な定数の決め方

R_{BR}の値は，図2-14の検討結果からみても動かす必要はないでしょう。

そして，最後はR_Bです。まずテスターでR_Eの両端の電圧が測れるように準備します。そして，R_B用として6.8～33kΩの抵抗器（とりあえず6.8，8.2，10，12，15，18，22，27，33kΩでOK）を用意したら，大きいほうのものから順番にR_Bのところにつないでいきます。そして，V_{CC}＝3Vのときならテスターの指示が0.47V，それ以外のときには1Vにもっとも近くなるものを選び出し，それをR_Bとします。

ついでに，図2-15に示した結合コンデンサC_CとバイパスコンデンサC_Bの値の選び方について考えておきましょう。

図2-17はその様子を示したもので，コンデンサは周波数特性を持っていますから周波数が関係してきます。また，判断は静電容量ではなく容量性リアクタンスX_Cで行わねばなりません。

まず結合コンデンサC_Cですが，これは負荷抵抗r_Lに対してリアクタンスが10分の1以下になるように選ぶのが1つの基準です。なお，入力側のC_Cの負荷抵抗はトランジスタの入力抵抗（正確には入力インピーダンス），出力側のC_Cの負荷抵抗は図2-10のr_Lになります。

バイパスコンデンサのC_Bのほうは，リアクタンスがR_Eの10分の1以下になるように選ぶのが1つの基準です。

では，図2-15に示したC_C＝10μF，C_B＝10μFの場合について簡単にチェックしておきましょう。図2-15のようなオーディオアンプでは数十Hz～数十kHzといった広い周波数範囲にわたって増幅することになりますが，この場合にはリアクタンスのもっとも大きくなる最低周波数でチェックをします。では，最低周波数を100Hzとして話をすすめましょう。

まず，10μFのコンデンサの100Hzでの容量性リアクタンスX_Cを計算してみると，

$$X_C=\frac{1}{2\pi fc}$$

$$=\frac{1}{2\times3.14\times100\times10\times10^{-6}}$$

$$=\frac{10^3}{6.28}\fallingdotseq160\ [\Omega]$$

となります。

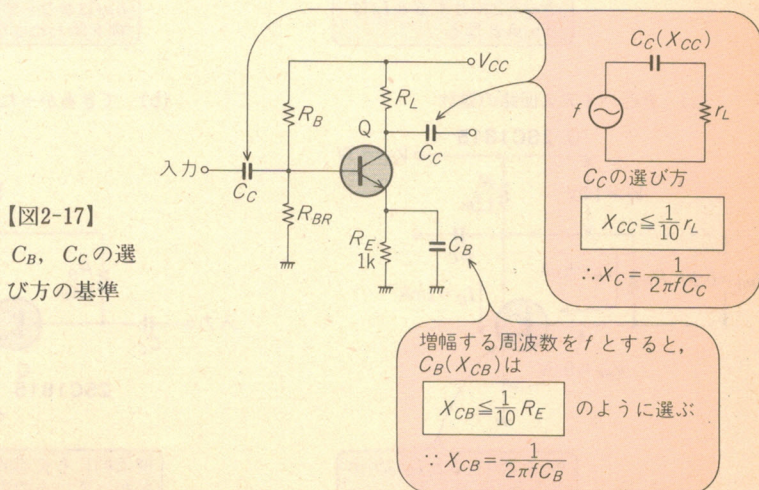
最初にC_Cのほうから吟味すると，r_Lは3kΩ（3000Ω，図2-10のr_Lは次段につながるトランジスタアンプを想定しているので，入力側のC_Cの負荷抵抗も同じと考えていい）ですから，図2-17の条件を十分に満足しています。

では，C_Bのほうはどうでしょうか。これはR_Eの1kΩ（1000Ω）に対して10分の1をちょっと越えており，100Hzに対してはバイパス効果が不十分であることがわかります。その結果は，電流負帰還がかかって周波数の低いほうのゲインがへるのですが，その様子はこのあとで実際に増幅器を作ってたしかめてみることにします。なお，100Hzに対しても十分にバイパス効果をあげるには，C_Bの値を22μ上にふやせばOKです。

以上はオーディオアンプの場合のC_C，C_Bの選び方でしたが，高周波回路の場合にも考え方はまったく同じです。§1でお話した，図1-27の多バンドのプリアンプでもバイパスコンデンサC_Bがいくつも出てきますが，同じような考えで使用周波数に応じてその値を選んでいけばいいのです。

＊

これで，ひととおりトランジスタによる増幅器の設計例をお話ししましたが，まだふれていない図2-12の固定バイアスと自己バイアス回路の設計についてちょっとお話しておきましょう。ちなみに，(a)の固定バイアス回路は電源電圧が1.5Vしかないといった場合の省エネ・バイアス回路，(b)の自己バイアス回路はやはり省エネタイプでゲインが10～20dBあればいい（負帰還がかかっている）というような場

【図2-17】 C_B，C_Cの選び方の基準

合に便利なものです。

まず固定バイアス回路のほうは簡単で，図2-18のようになります。(a)は設計法を示したもので，I_Cを0.7mA (700μA)，トランジスタのh_{FE}を200とするとI_Bは3.5μAとなります。この結果からバイアス抵抗R_Bの値を求めると，R_Bにかかる電圧が0.9V，R_Bに流れる電流が3.5μAですから，オームの法則を使って計算すると，R_Bの値は約257kΩと計算できます。

(b)は，この結果をもとに実際の回路をまとめてみたものです。R_Bは，実際に入手できるもののうちでもっとも近い270kΩでOKです。

固定バイアス回路で注意しなければならないのは，h_{FE}のバラツキをもろにかぶってしまうということです。ですから，(b)の回路はh_{FE}が200前後のトランジスタでないとうまく働きません。したがって，図2-18(b)の固定バイアス回路をうまく働かせるには，h_{FE}を選別して使うか，あるいはh_{FE}が違ったらもう一度設計をやり直してR_Bの値を選びなおす必要があります。

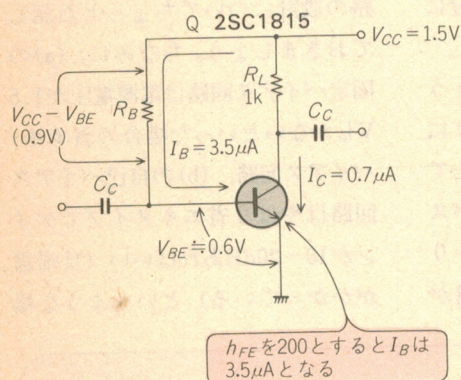
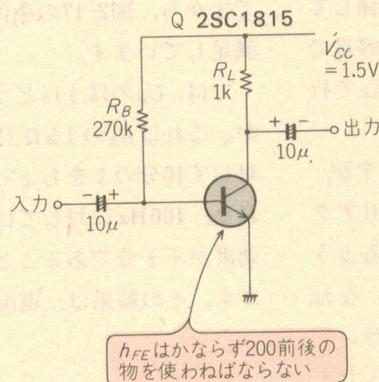
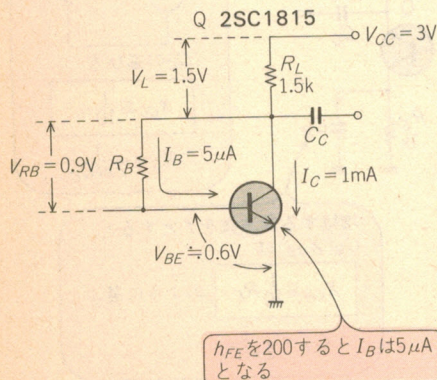
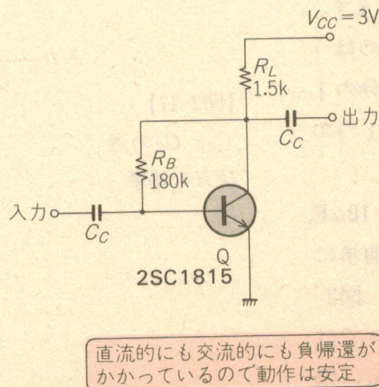
では，最後に自己バイアス回路の設計をしてみましょう。図2-19がその様子を示したもので，(a)のように$V_{CC}=3$V，$R_L=1.5$kΩ，$I_C=1$mA，トランジスタのh_{FE}を200とするとI_Bが5μAになり，R_Bにかかる電圧は0.9V，R_Bに流れる電流は5μAです。そこでR_Bの値を計算してみると，180kΩということになります。

この回路は，もしh_{FE}の大きいトランジスタにした場合，I_Cが増えようとするとV_Lが大きくなってV_{RB}が減り（V_{BE}は一定），その結果I_Bが減ってI_Cの増加をおさえるという，直流負帰還がかかっています。ですから，この回路ではh_{FE}が少しくらいばらついていても使えます。

なお，図2-19(b)に示した回路は交流的にも負帰還がかかっており，他の回路よりも負帰還がかかった分だけゲインがへります。その様子は，あとで実際にやってみて確かめることにします。

もしどうしてもゲインがへるのがいやなら，直流負帰還だけにして交流負帰還がかからないようにするやり方もあります。図2-20にそのやり方を示しておきます。

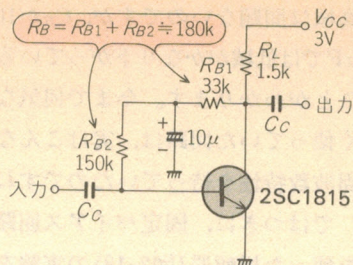
●増幅回路の実験

では，今までに設計した電流帰還バイアス回路，固定バイアス回路，自己バイアス回路を使って実

【図2-18】
固定バイアス回路を設計してみる

【図2-19】
自己バイアス回路を設計してみる

際の増幅回路を作ってみることにしましょう。

まず，取り出した2SC1815（h_{FE}のランクはY）のh_{FE}を実測（「ハムのトランジスタ活用」83ページに紹介した〝h_{FE}チェッカー〃を使用）してみたら，ちょうど180ありました。以後，このトランジスタを使って**写真2-1**のように実験をすすめていくことにします。

図2-21が，電流帰還バイアスの実験に使った回路です。R_Lとしては3.3kΩの抵抗器がつないであり，バルボルの出力には波形観測用のオシロスコープ（CS-1560）がつないであります。

この回路に電源をつないだところで，各部の直流電圧・電流をチェックしてみました。まず，回路に流れ込む電流は約1.35mAで，コレクタ電流が約1mA，バイアス電流は約0.35mAと，計算とぴったり合っています。もちろん，エミッタの電圧は約1Vでした。

【図2-20】交流負帰還がかからないようにする

さて，この回路の入出力特性はどうなっているでしょう。**図2-22**はその結果で，Ⓐ Ⓑ Ⓒ点の出力波形を**写真2-2**に示しておきます。この回路では，入力が−40dBV（0.01V）を超えるとひずみが出始めます。正確にはひずみ率計でひずみ率を測って判断する必要がありますが，俗にいうひずみ率10％までOKとするならば1V程度の出力が得られます。

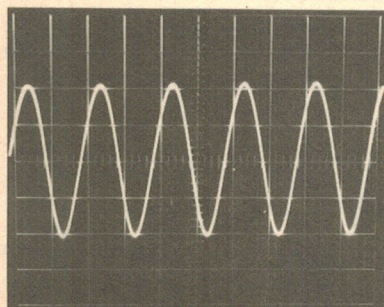
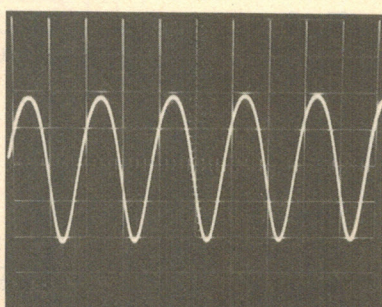
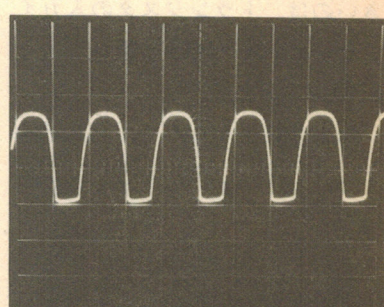
では，この回路のゲインや入出力インピーダンスを調べてみることにしましょう。表2-4はこれらをまとめたもので，ゲインは図2-22からわかります。ちなみに，33dB

〈写真2-1〉トランジスタアンプの実験をしているところ

というのは約45倍（電圧比）です。入力インピーダンスと出力インピーダンスは置換法で測ったもので，まあこんなものでしょう。

この入力インピーダンスや出力インピーダンスはめったに測ってみることはないのですが，結合コンデンサの値を選ぶようなときに必要になってくることがあるので，

【図2-22】図2-21の回路の入出力特性

【図2-21】電流帰還バイアスの実験回路

〈写真2-2(a)〉Ⓐ点での出力波形（入力−40dBV）

〈写真2-2(b)〉Ⓑ点での出力波形（入力−30dBV）

〈写真2-2(c)〉Ⓒ点での出力波形（入力−20dBV）

目やすとして2～3kΩのところだということを覚えておくといいでしょう。

つぎに，図2-21に示した入力側の結合コンデンサC_Cと，エミッタ回路のバイパスコンデンサC_Bの値によって周波数特性がどのように変わるかを調べてみましょう。

図2-23は，入力側の結合コンデンサC_Cの影響を調べてみたものです。ちなみに，トランジスタアンプの入力インピーダンスは表2-4に示したように約2.4kΩ，10μFの100Hzにおけるリアクタンスは約160Ωです。

ごらんのように，C_Cの影響は周波数の低いほう(低域)で現れ，1μF以上に選んでおけばまず普通のアンプであれば問題ないことがわかります。もし何等かの理由で積極的に低域をカットしたい場合には，安直な方法として結合コンデンサの静電容量をへらす方法が使えることが，図2-23からわかります。

では，図2-21の回路のC_Bの影響を調べてみることにしましょう。**図2-24**はその結果を示したもので、10μFだと1kHzあたりから下がりはじめ，100Hzでは15dBほどレスポンスが低下してしまいます。このように予想以上にC_Bの影響が大きいのは，トランジスタの入力インピーダンスが数kΩと低いことも影響しています。

以上の結果からみて，図2-21は高域は問題ないのですが，C_Bが10μFでは低域がかなり下がっていることがわかります。今まで何気なく使っていた回路は，実はこんな周波数特性を持っていたのですね。

ではつぎに，固定バイアス回路を使った増幅器(図2-18)の実験をしてみましょう。**図2-25**はその実験回路で，コレクタ電流は0.6mAほどと計算値によく合っています。これで，V_{CE}は約0.9Vとなります。

図2-26は図2-25の回路の入出力特性です。オシロスコープで出力波形を見ていると，やはり入力が−40dBVを超えはじめると，ひずみが目につくようになります。ですから，用途としてはマイク用のプリアンプといったところです。これは，電源電圧がたった1.5Vしかなくても，損失の少ない固定バイアス回路を使えば，ちゃんとしたアンプが作れることを示しています。

表2-5は，図2-25の回路のゲイン，入力インピーダンス，出力インピーダンスを測ってみたものです。まずゲインですが，これは図2-25から約24dB(16倍)とわかります。図2-21の回路に比べるとだいぶゲインがへっていますが，これは電源電圧のせいでしょう。

つぎに入出力インピーダンスですが，入力インピーダンスが図2-21の回路より3倍ほど大きくなっているのが目につきます。

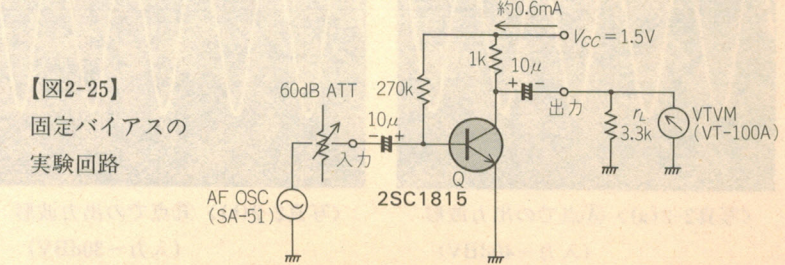
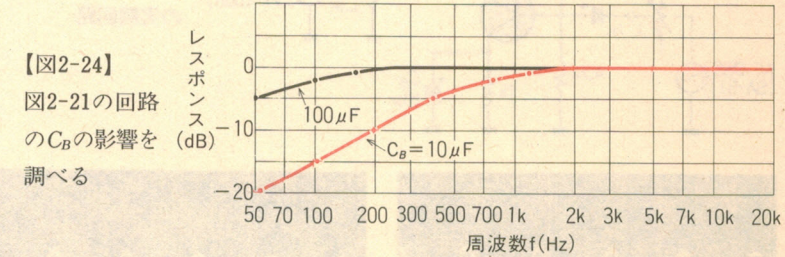
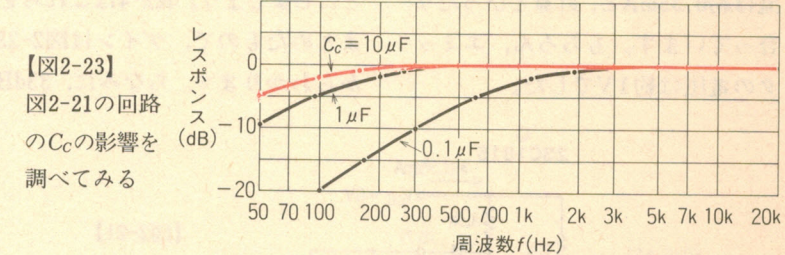
ここで図2-25の回路の周波数特性を調べてみたのですが，ほとんどフラットで，20Hz～100kHzが0.5dB以内に納まっていました。あまりフラットなので，図にするのはやめました。図2-24と比べてみると，エミッタのバイパスコンデン

項目	測定結果
ゲイン	約33dB
入力インピーダンス	約2.4kΩ
出力インピーダンス	約3.2kΩ

【表2-4】図2-21の回路の測定結果(1kHzにて)

【図2-23】図2-21の回路のC_Cの影響を調べてみる

【図2-24】図2-21の回路のC_Bの影響を調べる

【図2-25】固定バイアスの実験回路

サの値が周波数特性(特に低域の)に大きく影響することがわかります。

最後は，図2-19に示した自己バイアス回路の実験です。**図2-27**は実験回路を示したもので，図2-19(a)の計算結果にはとてもよく一致します。

図2-28は，図2-27の回路の入出力特性を示したものです。この回路は負帰還がかかっているせいか，ひずみが見え始める入力レベルは5dBほど高くなっています。

では，ゲインや入出力インピーダンスを調べてみましょう。**表2-6**はその結果を示したもので，ゲインは約30dB（約32倍）もあります。こうしてみると，図2-21の実験結果と比べてみて，あまり深い負帰還はかかっていないことがわかります。入力インピーダンスや出力インピーダンスも，他の回路と大きな違いはありません。また，エミッタは直接アースしていますので，周波数特性は図2-25の回路と同じようにフラットでした。

＊

以上，トランジスタによる基本的なアンプの実例についてお話してきましたが，最近ではディスクリートでアンプを作るのは1石程度の簡単なオーディオアンプくらいで，トランジスタを何個も使って作るビデオアンプとか広帯域アンプといったものは，あとでお話するリニアICを使うようになっています。

これは，ICを使ったほうが簡単にいい性能が得られるからです。高級な測定器を持てないアマチュアにとって，これはたいへん大きなメリットといえます。

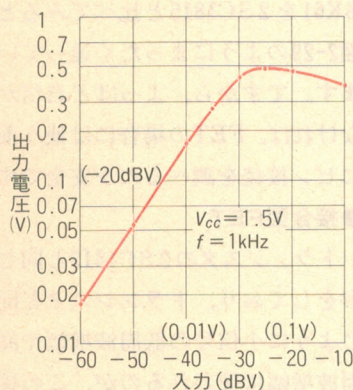
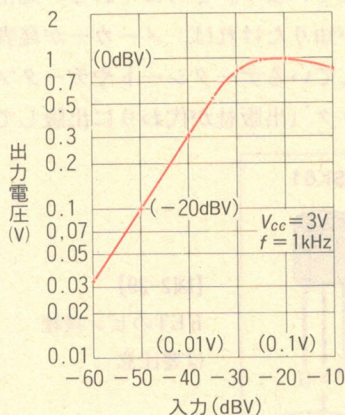
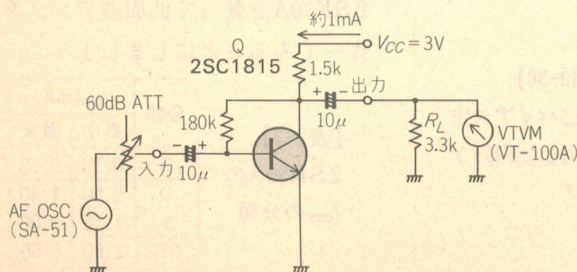
(2) FETは生かして使おう

FETは電界効果トランジスタのことですから，前の〔1〕でお話したトランジスタの仲間であることに間違いないのですが，この2つは似ているところもありますし違うところもあります。

まず似ているところをあげてみると，両方とも増幅作用を持っているということのほか，外観はほとんど同じですし，使用電圧や電流も同じようなものです。

FETには接合型とMOS型がありますが，トランジスタに似ているのは接合型のほうです。でも，トランジスタが接合面を2つ持ったバイポーラ型であるのに対して，FETは接合面が1つしかないユニポーラ型で，構造も，増幅のしくみも違います。

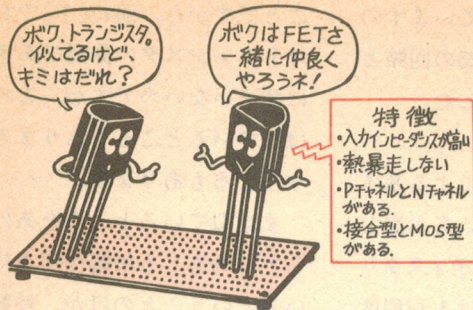
トランジスタとFETの違うところは，まずトランジスタが電流駆動素子であるのに対して，FETは電圧駆動素子だということです。これは，トランジスタは入力インピーダンスが低い（数kΩ）のに対し，FETは真空管と同じく入力インピーダンスが高い（数十～数百kΩ）ということを表しています。

また，トランジスタは接合部の温度が上がっていくとついには熱暴走をおこしますが，FETでは熱

【図2-26】固定バイアスの実験回路の入出力特性

【図2-28】自己バイアスの実験回路の入出力特性

【図2-27】自己バイアスの実験回路

項　目	測定結果
ゲイン	約24dB
入力インピーダンス	約7.5kΩ
出力インピーダンス	約1.1kΩ

【表2-5】図2-24の回路の測定結果（1kHzにて）

項　目	測定結果
ゲイン	約30dB
入力インピーダンス	約2.7kΩ
出力インピーダンス	約1.4kΩ

【表2-6】図2-26の回路の測定結果（1kHzにて）

〈FETのすぐれているところ〉

暴走はおきません。

ゲインを比べてみると，FETのほうはトランジスタより少ないのが普通です。

そのほか，FETもトランジスタと同じようにPチャネルとNチャネルの２種類があり，これはトランジスタのPNPとNPNに相当します。

…というわけで，FETはトランジスタと似たところもありますが，違う良いところもたくさん持っており，用途に応じてトランジスタと使い分けて活用していくのがうまい手といえます。

FETの種類と活用法

FETはトランジスタほど多くの種類はありませんが，接合型とMOS型の2種類があったりして，使い方はかえってバラエティーに富んでいます。

●規格の見方，調べ方

FETを使うにはまずその素性を知らなければなりませんが，規格の見方や調べ方は基本的にはトランジスタと同じです。

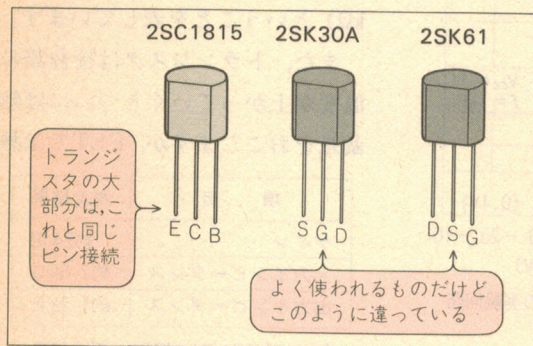
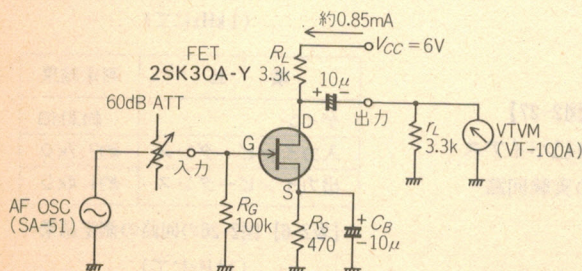
FETの規格を知るもっとも簡便な方法は，「最新FET規格表」（CQ出版社刊）を見るというやり方です。この規格表もトランジスタのものと同じように年度版で出版されています。さらにくわしい規格が知りたければ，メーカーが発表しているデータシートやデータブック（出版社が代わりに出版しているものもある）を見なければなりません。

規格表の活用のしかたを簡単にお話しておくと，まず用途と構造があり，ここはトランジスタより重要です。FETを使うときにはこの用途にしたがうのが安全で，J（接合型）とかMOS（MOS型），GaAs（ガリひ素）といった構造の違いで，回路も使い方も違ってきます。また，その他の欄にはコンプリメンタリの相手とか，高周波用では使用周波数における具体的なゲインなどが示されており，やはり実用上とても役に立ちます。

FETでは外型やピン接続がトランジスタよりまちまちで，いいかげんにやると失敗します。たとえば，トランジスタとFETを比較した場合，ベース→ゲート，コレクタ→ドレイン，エミッタ→ソースに相当することはご存知のとおりですが，よく使われる２SK30や２SK61を２SC1815と比べてみると，図2-29のようにまったく違っています。ですから，よっぽど自信がなければ，FETの場合には使う前にピン接続を調べるのが安全です。

●接合型FET

トランジスタの２SC1815と同じ形をしており，トランジスタと同じように小信号の低周波増幅や高周波増幅に使われるのが，この接合型FETです。

では，低周波増幅用に作られた２SK30Aを使って低周波アンプを作ってみることにしましょう。

【図2-29】FETのピン接続は要注意

【図2-30】自己バイアスを採用したFETアンプ

【表2-7】２SK30AのI_{DSS}の分類

分類	I_{DSS}(mA)	
	最小	最大
R	0.30	0.75
O	0.60	1.40
Y	1.20	3.00
GR	2.60	6.50

ところで，トランジスタで値がばらついていたのはh_{FE}でしたが，FETでばらついているのはI_{DSS}です。I_{DSS}はやはりランク分けされており，2SK30Aでは表2-7のようになっています。ちなみに，実験のために取り出した2SK30Aは分類がYのもので，「ハムのトランジスタ活用」87ページで紹介してあるI_{DSS}チェッカーで実測してみたら，ちょうど2mAでした。

図2-30は，実験に使った回路です。真空管をいじったことのある方なら，自己バイアスとかカソードバイアスといったものを思い出したことでしょう。図2-30も自己バイアス回路になっています。

実際にやってみると，ドレイン電流I_DはR_Sによって決まり，R_Lの影響はほとんど受けません。ちなみに，R_Sを220ΩにするとI_Dは約1.1mA，R_Sを1kΩにするとI_Dは約0.6mAとなりました。

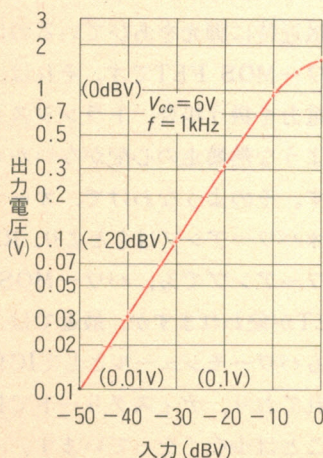
ここでR_Lの値を決めなければなりませんが，これはV_{DS}がV_{CC}の約2分の1になるようにします。R_Sを決めるとI_Dが決まりますから，この結果からR_Lの値を計算できますね。

【図2-31】図2-30の回路の入出力特性

図2-31は，図2-30に示したFETアンプの入出力特性です。

これを見ると，まずトランジスタアンプに比べてゲインがずっと少ないのに気がつきます。表2-8は，トランジスタのときのようにゲインと入出力インピーダンスの測定結果を示したもので，ゲインは約10dB（約3.2倍）しかありません。でも，入出力特性の直線性はなかなか優秀です。

FETのゲートではダイオードに逆方向電圧がかかっていますから，FET自身のオーディオでの入力インピーダンスは無限大に近いものです。したがって，図2-30の回路ではR_Gの値がそのまま入力インピーダンスとなり，約100kΩとなります。R_Gは1MΩくらいまで大きくすることができ，これがトランジスタと大きく違うところです。

そのようなわけで，FETアンプの入力側に結合コンデンサをつなぐときには，0.01～0.1μFのものでOKです。

出力インピーダンスのほうは，これもよく見ると図2-30のR_Lの値とほとんど同じです。これでわかるように，オーディオにおいてはFETアンプの入出力インピーダンスを推定するのはとても楽です。

項　目	測定結果
ゲイン	約10dB
入力インピーダンス	約100kΩ
出力インピーダンス	約3.3kΩ

【表2-8】図2-30の回路の測定結果（1kHzにて）

図2-32は，FETアンプの周波数特性です。これは，トランジスタの場合のエミッタのバイパスコンデンサにあたるソースのバイパスコンデンサC_Bの影響を調べてみたもので，図2-24とスケールを合わせてあります。これを見るとFETアンプではC_Bの影響がとても少なくなっており，C_Bを100μFにすると50Hz～20kHzにわたってフラットになってしまいます。

接合型FETで作るオーディオアンプをおわって，つぎに高周波アンプにいきましょう。高周波増幅用の接合型FETというと，用途がRFとかFM／VHFとなっているのが普通です。

接合型FETで高周波増幅を行う場合に規格の上で注意しなければならないのは，帰還容量C_{rs}です。これが大きいと発振しやすく，安定な増幅ができません。

ひと頃は，この接合型FETがFMラジオのRFアンプなどに用いられていましたが，MOS型FETが出現してからはほとんど使われなくなっています。

その代わり，接合型FETは手軽さを買われて水晶発振やミクサなどに使われることもあります。図2-33に，2SK19を使った自励式の短波コンバータの一例を示しておきます。なお，これは「HAM・BCL

【図2-32】FETアンプの周波数特性

ラジオの作り方」(科学教材社刊)の中で紹介したものです。この回路は，2SK61や2SK192Aなどでもうまく働くはずです。

図2-34は，接合型FETで水晶発振回路を作った例です。これは50MHz帯の場合の例ですが，C_GとL，Cの値を変えればいろいろな周波数で使えます。なお，発振回路はピアースDG回路で，図2-34は3倍オーバトーンの例ですがもちろん，基本波でもOKです。

＊

接合型FETには以上のほかにECM用とかチョッパ用，DCアンプ用といったものがありますが，アマチュアが使うことは少ないので省略します。

●MOS型FET

MOS型FETはこのところ種類が増えており，盛んに使われるようになってきています。ここでは，小信号用のRF増幅用と低NFが魅力のGaAs（ガリひ素）FET，それにパワーMOS FETについて説明してみることにします。

最近では，高周波増幅や中間周波増幅用としては，図1-27（31ページ）に示したようなデュアルゲートのMOS型FETが使われています。このFETは入出力特性の直線性が良いので混変調妨害に強く，帰還容量が少ないので安定な増幅ができます。またゲイン調節がスムースにできるので，AGCをかけるのにも有利です。

デュアルゲートのMOS型FETの名称は3SK59のようになっており，用途のところにRFとかFM，VHFというように書いてあれば，みんな200MHzくらいまでのRF増幅に使えます。この場合のゲインは，15～20dBといったところです。

規格表の3SKタイプのところを見ていくと，構造のところにGaAsと書いたものがあります。これが，ガリひ素FETです。

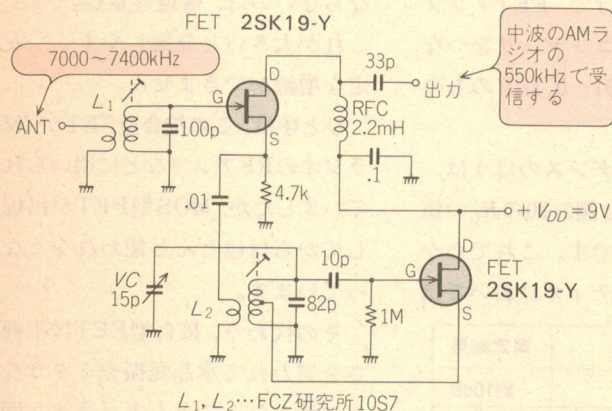
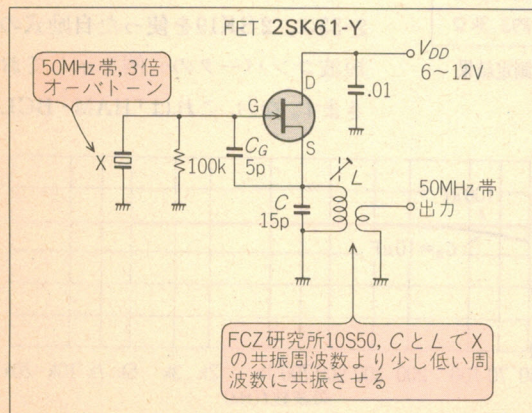
ガリひ素FETは，以前は高価でアマチュアの手にはおえなかったのですが，最近ではテレビ用などに作られたものが安価で入手できるようになってきました。たとえば，3SK121はその一例です。

ガリひ素FETの特徴は，なんといっても雑音の発生が少ない（NFが小さい）ということです。ですから，宇宙通信用など微弱な電波を受信しなければならない場合のRFアンプ用としてはうってつけです。

3SK121の使い方は，3SK59のようなシリコンで作られたMOS型FETと同じ（図1-27参照）でいいのですが，ちょっと気をつけなければならないこともあります。それは，ドレイン電圧の最大値が10V（3SK59では20V）ということです。したがって，ドレイン電圧が10Vを超えないようにしなければなりません。

なお，3SK121の外型はマイクロディスクです。

最近特に脚光をあびているのはパワーMOS FETです。それは，大電力を扱う場合，トランジスタのような熱暴走の心配がないからです。そのようなわけで，オーディオパワーアンプはもとより，RFパワーアンプでも，パワーMOS FETが使われますが，最近ではこれもパワーモジュールとしてIC化されており，ディスクリートで扱うことは少なくなっています。

…というわけで私もパワーMOS

【図2-33】接合型FETで作った7MHz短波コンバータ

【図2-34】水晶発振回路の例

FETはあんまりいじったことがないのですが，図2-35にアマチュア無線用の50MHz 10Wパワーブースタを作った例を示しておきます。なお，これは「エレクトロニクスアイデア製作集」で紹介したもので，使用したパワーMOS FETの2N6657はシリコニクスのものです。コイルやRFCのデータは，出典を見てください。

【図2-35】パワーMOS FETを使った50MHz 10Wリニアアンプ

(3) リニアICはいろいろ家族

数ある半導体デバイスの中で，データシートあるいはデータブックを最も必要とするのは，このリニアICといっていいでしょう。それは，リニアICはディジタルICほど規格化できないことや，汎用化されたものの数が少ないからといえます。

では，ひと口にリニアICといっているものの中にはどのようなものがあるのでしょうか。これを知るには，各メーカーで出しているリニアICのデータブックの分類法を調べてみるのが早道です。

表2-9〜表2-12は外国のメーカーのものを調べてみたものです。表2-9はナショセミ，表2-10はフェアチャイルド，表2-11はモトローラ，表2-12はテキサスインスツルメンツのもので，これを見ているとそれぞれのメーカーの特徴といったものもわかるような気がします。

では，国内のメーカーにいってみましょう。国内のメーカーでは，東芝のように分類せずに型名の順番でずらっと並べているところもありますが，分類をしているメーカーのものを調べてみると，表2-13が三洋電機，表2-14がナショナル，表2-15が日電，表2-16が三菱電機のようになっています。

なお，紹介したデータブックの大部分には製作された年度が入っているのですが，ここではリニアICの分類法だけを参考のために見るだけなので，製作された年度については無視してあります。

この表2-9〜表2-16を見比べて最大公約数的なものをまとめてみると，

①電源用レギュレータIC
②オペアンプ
③ラジオ・テレビ用IC
④オーディオ用IC
⑤スペシャル・ファンクション

といったことになるでしょうか。この分類に入らないものもありますが，アマチュアが普通に利用するのはこんなものでしょう。

これらのうち，①と②はもう説明の必要はないでしょう。リニアICのいろいろ家族のうち，電源用

①Voltage Regulators
②Voltage References
③Operational Amp／Buffers
④Instrumentation Amp
⑤Voltage Comparators
⑥Analog Switches
⑦Sample and Hold
⑧A to D, D to A
⑨Industrial Blocks : Functional／Automotive／Telecommunication／Monolithic／Filters
⑩Audio／Radio Circuits
⑪TV Circuits
⑫Transistor／Diode Arrays

("LINEAR DATABOOK"より)

【表2-9】ナショナルセミコンダクタ社のリニアICの分類

①Voltage Regulators
②Hybrid Voltage Regulators
③Operational Amplifiers
④Comparators
⑤Intetface
⑥Data Acquisition
⑦Telecommunications
⑧Special Functions

("LINEAR DIVISION PRODUCTS"より)

【表2-10】フェアチャイルド社のリニアICの分類

①Operational Amplifiers
②Voltage Regulators
③Consumer Circuits
④Other Linear Circuits

("LINEAR INTEGRATED CIRCUITS"より)

【表2-11】モトローラ社のリニアICの分類

①Operational Amplifiers
②Voltage Comparators
③Voltage Regulators
④Special Functions

("The Linear Circuits Data Book"より)

【表2-12】TI社のリニアICの分類

レギュレータICとオペアンプは比較的規格化されており，メーカーを意識しないで使えるものがたくさんあります。

③と④は，まとめて民生用などと呼ばれることもあります。オーディオ用ICの中には，LEDレベルメータのようなアクセサリ用のものも含まれます。

⑤でおなじみなのがタイマーICのNE555，それに無線機用のバランスドモジュレータ，各種のセンサーIC（音，光，温度など），FMステレオ信号発生用など新しいものがどんどん誕生しています。

興味つきないリニアIC

では，前にまとめた①～⑤について，リニアICの活用のポイントなどについてお話してみましょう。

●電源用レギュレータIC

レギュレータICというと，以前からエレクトロニクス製作を楽しんでいた方なら，東芝のTA7084AMとか三菱のM5199Yといったものを思い出されるかもしれませんが，あの当時に比べると今は便利になったものです。

①FM／AM　HF増幅
②AFプリアンプ
③FMマルチプレックス，ステレオ復調器
④音響機器用アクセサリ
⑤TV，VTR用
⑥AFパワーアンプ
⑦ドライバーアレー
⑧レベルメーター
⑨オペアンプ
⑩コンパレータ
⑪定電圧電源
⑫小型DCモータ制御用

（"三洋半導体ハンドブック・モノリシックバイポーラ集積回路編"より）

【表2-13】三洋電機のリニアICの分類

TA7084AMは今でも私の実験用電源の中で活躍していますが，ちょっと無理をするとすぐにこわれ，くやしい思いをしたものでした。

レギュレータICはよく規格化されており，中の回路はメーカーによって少しずつ違うのですが，78L05といえばLM78L05（ナショセミ）でもμA78L05（フェアチャイルド，TI）でもMC78L05（モトローラ）でも，はたまたTA78L005（東芝）でもAN78L05でもμPC78L05（日電）でもNJM78L05（新日本無線）でも，まったく同じように使えます。

そのようなわけで，最近ではLMとかμAを省略して，単に78L05とだけ書くのが普通になっています。

このように規格化されている出力電圧固定の３端子レギュレータには，表2-17のようなものがあるのはご存知の通りです。

電圧固定の３端子レギュレータは以前は５V以下のものや９Vのものはなかったのですが，今では２Vのもの（たとえばNJM78L02A）とか，９Vのもの（たとえばTA78L009とかNJM78L09A）といったものもあります。

①ラジオ，オーディオ用IC
②テレビ用IC
③ビデオ用IC
④汎用IC

（"ナショナル半導体ハンドブック・リニアIC編"より）

【表2-14】ナショナルのリニアICの分類

①オペアンプ
②コンパレータ
③A／Dコンバータ
④D／Aコンバータ
⑤安定化電源回路
⑥ファンクショナル・ブロック
⑦広帯域アンプ

（"INDUSTRIAL LNEAR IC"より）

【表2-15】日本電気のリニアICの分類

ピン接続は各社とも同じですが，注意しなければならないのは，正電源用と負電源用では違っているということです。図2-36は，78L00シリーズと79L00シリーズのピン接続を示したものです。

以上に加えて，最近ではサンケン電気のSI-3000Pシリーズ（２A）やSTR9000シリーズ（４A）といったものもあり，用途によっては便利に使えます。

出力電圧可変となると私の知る限りではナショセミの製品に揃っており，入手も容易です。具体的にはLM317（1.2～37V，1.5A）があればまず用は足り，図2-37のようにちょっと回路をくふうすると出力電圧ゼロから可変できます。なお，よくさがしてみたらTIやモトローラでもLM317を作っており，フェアチャイルドにはμA317がありました。

さらに大電流のものとなると，LM350（1.2～33V，３A）というのもあります。これは，ナショセミだけで作っているようです。

＊

レギュレータICは今までにもいろいろなものが作られ，これからも開発されていくことでしょう。でも，アマチュアがエレクトロニ

①音響用
②テレビ・VTR用
③電圧比較器・タイマ用
④演算増幅器用
⑤電源用
⑥その他

（"三菱半導体データブック・リニアIC編"より）

【表2-16】三菱電機のリニアICの分類

出力電流	正負	型　名
100mA	正	78L00シリーズ
	負	79L00シリーズ
500mA	正	78M00シリーズ
	負	79M00シリーズ
1A	正	7800シリーズ
	負	7900シリーズ

【表2-17】規格化されている3端子レギュレータIC

〈レギュレータICは放熱器をきちんとつけるのが活用のコツ〉

クス製作を楽しむのなら，特別な場合を除けば今まで紹介したもので十分にまかなえるはずです。

なお，レギュレータICでは78L00シリーズや79L00シリーズを除いて，放熱をいかにちゃんとやるかが活用のコツとなります。7800や7900シリーズでも，放熱をきちんとやって始めて1Aの電流が取り出せるのだ，ということを頭に入れておいてください。

●オペアンプ

オペアンプほど，最初の開発意図からはずれて，またオペアンプ（演算増幅器）という名前とは別の用途で使われているものはないでしょう。今では理想増幅器として，オモチャのマイクアンプなどにまでディスクリート部品なみの便利さで使われています。

そのほか，イコライザアンプ，アクティブフィルタなどにもオペアンプがよく使われているのはご存知のとおりです。

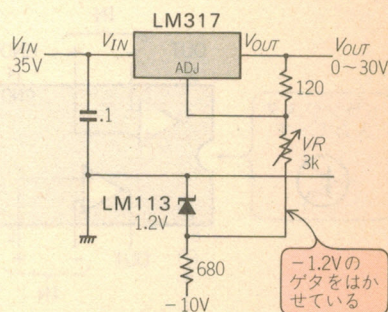
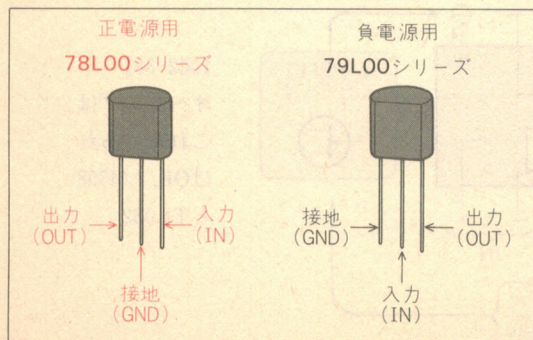
以前はアマチュアが使うオペアンプといえばμA741が代表的なもので，正負2電源を必要としました。でも，今では単電源でもゼロVから使えるLM324やLM358のようなオペアンプも安価に入手できるようになっています。

さて一方，たとえばナショセミのデータブックを見ると，応用回路例がいちばんたくさん紹介されているのが，このオペアンプです。私が愛用しているLM358のところを見ると，〝Lamp Driver〞，〝LED Driver〞，〝Current Monitor〞，〝Pulse Generator〞，〝Squarewave Oscillator〞，〝Low Drift Peak Detector〞，〝VCO〞，〝AC Coupled Inverting Amp〞，〝AC Coupled Non-inverting Amp〞，〝DC Coupled Low-Pass RC Active Filter〞，〝Bandpass Active Filter〞などなどまだこのあとが続きます。

さて，オペアンプにも多くの種類があるのですが，ここではバイポーラ入力のものとしてLM358，FET入力のものとしてTL062を紹介してみましょう。図2-38はこの2つを紹介したもので，ピン4を見るとLM358はGNDになっており，V_{CC}も3〜32Vとなっていて単電源用であることがわかります。なお，LM358は正負2電源でももちろん使えます。

TL062は，もちろんFET入力というところに魅力があります。たいていの用途にはバイポーラ入力のLM358で用が足りるのですが，用途によってはFET入力でないと使えない場合もあります。なお，TL062は正負2電源用ですが，交流増幅の場合にはもちろん単電源で使えます。具体的なやり方については，あとで説明します。

LM358はオペアンプ2個入りのものですが，中身は同じで4個入りのLM324もあります。多数のオ

【図2-36】正と負ではピン接続に注意

【図2-37】データブックに示された0〜30Vレギュレータ

〈データブックには
オペアンプの応用
範囲がいっぱい！〉

ペアンプを使う場合，LM358を数多く使ってもいいのですが，LM324は14ピンDIPに納まっていますので，このほうが省スペースになります。

LM358の応用例は，図1-31（35ページ）に示したとおりです。これはマイクアンプとコンパレータに使った例ですが，まことにうまく働きます。まあ，ICの中に入っているディスクリート部品の数を考えれば当然のことかもしれませんが，便利な世の中になったものです。

図2-39はTL062の応用例で，これは本誌1986年6月号に紹介したコンデンサ・メモリーの実験に使ったものです。この実験では，AMラジオのプリセット同調用に使っています。この図では何のことかわからないかもしれませんが，要はコンデンサにためた電荷が逃げないようにオペアンプの入力バイアス電流が少ないことが必要で，その点でバイポーラ入力のLM358ではNGですが，接合型FET入力のTL062ならばなんとかなります。

なお，このような用途にはMOS型FET入力のオペアンプが理想的なのですが，このようなオペアンプはまだ一般的ではありません。

オペアンプもリニアICの中では規格化されているほうで，最初にお話したμA741はほとんどのメーカーから同種のものが発売されており，レギュレータICと同じように単に741で通用したものです。

ここで紹介した2つのうち，TL062は今のところTIのほかは新日本無線のNJM062があるくらいですが，LM358のほうは同じ型名でTI，モトローラから，またLM324は同じくTI，モトローラのほかに，フェアチャイルドからはμA324として用意されています。

また国内のメーカーでは日電がμPC324／μPC358，新日本無線がNJM324／NJM358といったように作っています。

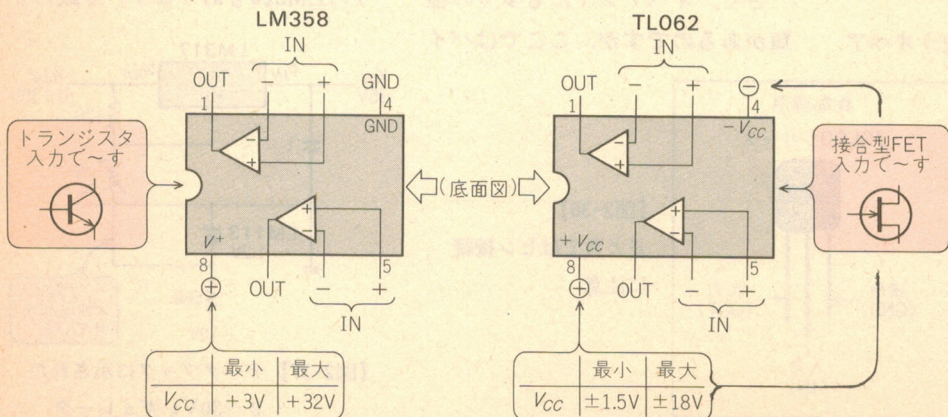
＊

ここではたった2種類のオペアンプしか取り上げませんでしたが，オペアンプそのものは1冊の本ができるほど（フェアチャイルドでは，オペアンプだけでデータブックを作っている）いろんなものがあります。

アマチュアのエレクトロニクス製作ではここで紹介したものだけでまず不自由はないはずですが，たとえばもっと低い電圧で働かせたいとか広帯域アンプを作りたいといったような場合には，そのためのオペアンプも用意されています。

とにかく，オペアンプほど応用面の広い半導体デバイスもめずらしいものです。この際，骨までしゃぶってみてはどうでしょうか。

●ラジオ・テレビ用

これは今までのレギュレータICやオペアンプと違って各社まちまちで，とても一般的な話のできるものではありません。私の知っているものでは，唯一，ワンチップ

【図2-38】
オペアンプは
これだけあれ
ばOK, LM358
とTL062

AM／FMラジオ用のULN2204(Sprague) が，HA12402（日立）やTA7613(東芝）になっているくらいです。

そのようなわけで，アマチュアとしては容易に入手できるものの中から目的のものをさがすことになります。

このような例でよく利用されているものをあげてみると，AMラジオでいえばTA7641BP，AM／FMラジオ用としてはTA7640APやFMフロントエンドのTA7358P，FMステレオMPX用のTA7343Pなどがあります。このように東芝だけがならんでしまったのは入手が容易だからで，ほかにも三洋電機や日立，ナショナルにもラジオ用のICはたくさんあります。

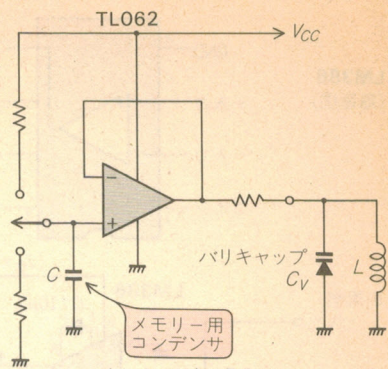
テレビ用となると，最近ではアマチュアがテレビを作ることはまずなくなってしまっているので，手にする機会は少ないでしょう。

かつて，TA7124Pというテレビの映像信号増幅用のICを，アマチュア無線のSSB用受信機のIF増幅に使って好成績を得た（「ハムのトランジスタ活用」123ページ参照）ことがありますが，このICももう廃品種になってしまいました。この受信機は今でも現役で働いているのですが…。

ところで，1昨年あたりからラジオ用として面白いICが登場してきました。例のLA1050（AMストレートラジオ用）や，TDA7000（FMワンチップラジオ用）です。特にTDA7000は，そのユニークな受信システムが注目を集めたものでした。

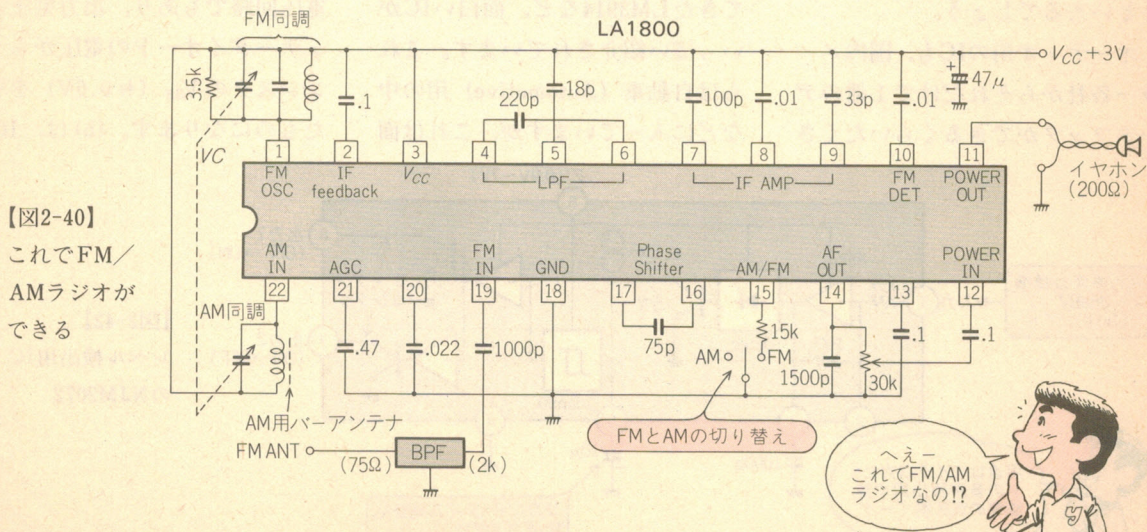
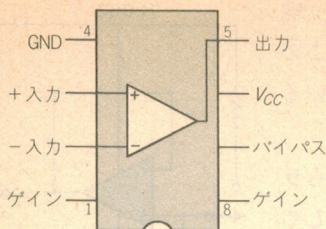
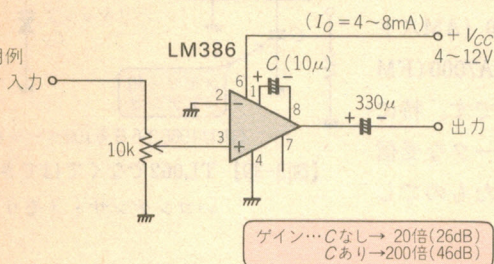
このLA1050やTDA7000はもうおなじみになってしまいましたが，昨年になって三洋電機から新しくLA1800が発表されていますので，これを図2-40に紹介しておきます。従来からFMラジオにつきものだったセラフィルやIFTがまったく見えないところに，新しい方式を感じとることができます。でも，IFアンプがちゃんとありますから，FMはやっぱりスーパーなんでしょうね。

●オーディオ用

オーディオ用といえば，フォノやテープ用のプリアンプ，パワーアンプといったものがあります。

【図2-39】TL062でなくてはできないコンデンサ・メモリー

そのほか，電子ボリュームとか，最近では集積度が上がって〝テープデッキ用システムアンプ〟とか，〝ボリューム／ステレオバランス／トーンコントロール〟といった多機能なものも生まれていますが，これらもオーディオ用ということになるでしょうか…。

オーディオ用もラジオ・テレビ用と同じように各社統一規格のものはありませんが，入手が容易で使い勝手のいいものの中にはことあるごとに使われているものもあります。そのもっともいい例が，ナショセミのLM386でしょう。

LM386は図2-41のようなもので，

【図2-40】これでFM／AMラジオができる

【図2-41】
小出力のパワーアンプといえばこのIC

8ピンのミニDIPに入っており，外付け部品は2～3個です。また使用電源電圧の範囲も広く，無信号時の消費電流も少ない，しかもCに直列に抵抗をつなげばゲインコントロールもできるとあって，出力が300～500mWもあれば良い用途には本当によく使われています。

ラジオ・テレビ用はもちろんですが，このオーディオ用もディスクリートで作る時代は終わって，ICの時代を迎えています。ICの登場は，再現性が心もとないアマチュアにとって，特に意味のあることといえるでしょう。

オーディオ用のICも，国内メーカー各社からそれだけで1冊のデータブックができるくらいたくさん発表されています。特にパワーアンプなど，あとからあとからなぜこんなに必要だろうと思われるくらい出てきます。でも，あとからでてきたものはやっぱりそれだけのことはありますから，常に新しい情報を手に入れるようにして利用するようにすると良いのではないでしょうか。

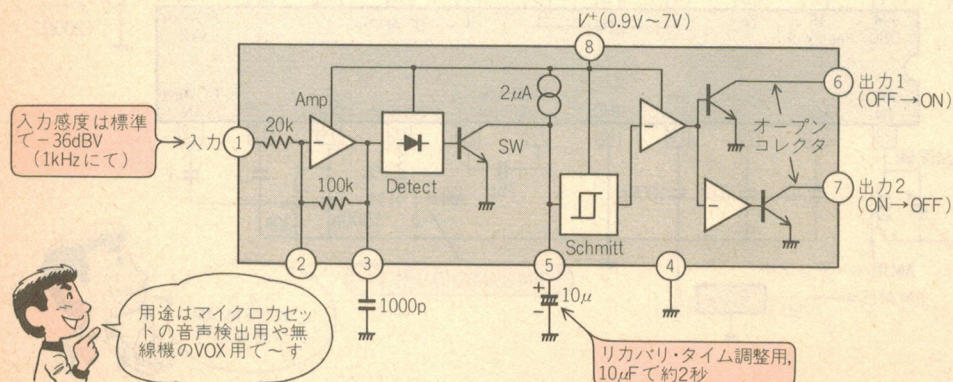
●スペシャル・ファンクション

表2-9に示したナショセミのデータブックの中の⑨のところには，図1-23に示したLM3909を始め，LM2907（FVC），LM3911（Temperature Controller），図1-12で出てきたLM3914など，面白いICがいっぱい紹介されています。これらは自動車（Automotive）用の中などに入っていますが，これは面白いICをさがすときの1つの指針になるでしょう。

スペシャル・ファンクション集積回路で1項目を設けている新日本無線のデータブックには，NJM2035（FMワイヤレス用ステレオモジュレータ），NJM2205／NJM2208（NTSCカラーTV用RFモジュレータ）といった面白いものが納められているのですが，その中からレベル検出用ICのNJM2072を紹介しておきましょう。

図2-42はNJM2072のブロック図です。用途は通信機のVOX用といったようにちゃんとしたものが書いてありますが，いわゆる音声で反応するオモチャ用など音声リレーとして広範囲に使えます。これはちょっと思ったのですが，入力を音声に限らなければ応用範囲はもっと広がるかもしれません。

(4) 電源回路のちょっとした思いつき

図2-43は，おなじみのリップルフィルタです。これらは大きな静電容量の電解コンデンサが使えないようなときに便利です。(a)は定電圧回路でもあり，出力電圧はツェナーダイオードの電圧からトランジスタのV_{BE}（≒0.6V）を引いたものになります。(b)は，10μF

【図2-42】
レベル検出用ICのNJM2072

のh_{FE}倍の電解コンデンサと考えればOKです。

以前はこのような回路をよく使ったのですが，今では3端子レギュレータがディスクリート部品なみに使えるようになったので，この回路も必要なくなりました。

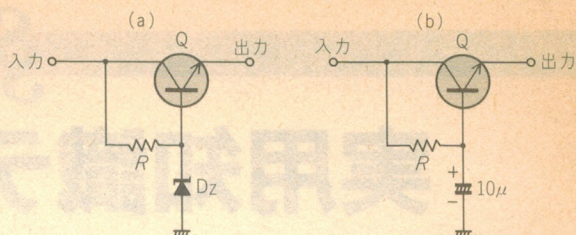
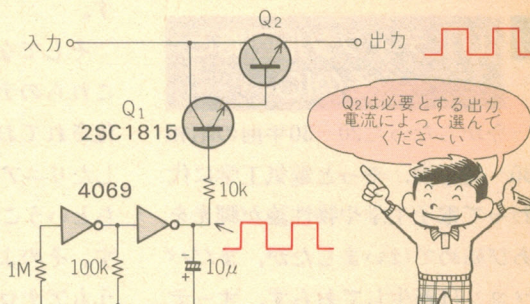
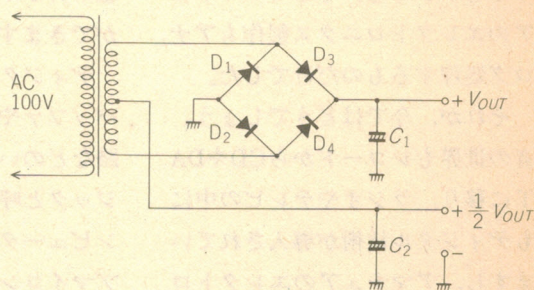
図2-44は，ランプを点滅させるなど電源を周期的にON／OFFする回路です。Q_2を選べば，これで1Aくらいまでの電流ならばコントロールできるでしょう。

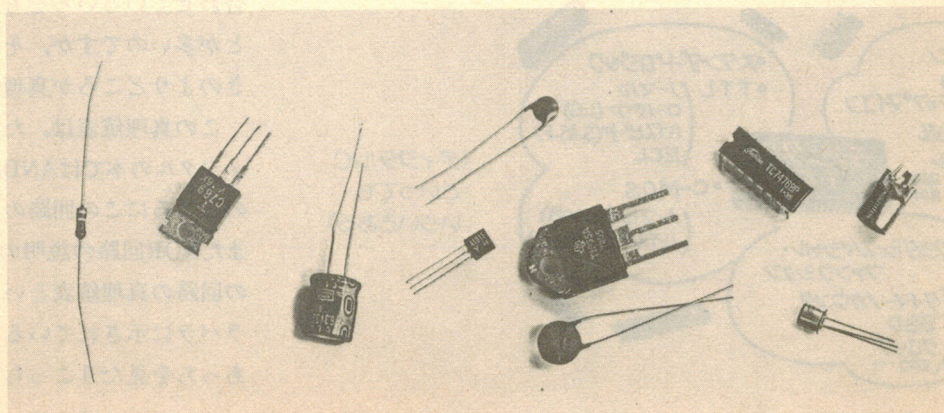
いろんな電圧を得るテクニック

図2-45は出力電圧の2分の1の電圧を得る方法で，これは真空管時代にドライバー段の電源やスクリーン電源を得るのに利用されたものです。今まで紹介した中では，図2-35の電源をこのような方法で供給しています。

この回路では，$\frac{1}{2}V_{OUT}$のほうはD_1とD_2によるセンタータップ両波整流回路となっています。なお，トランスからは2つの出力端子に取り出す電流が全部流れますから，電源トランス（PT）の選定には注意しなければなりません。

図2-46は，せいぜい数mAの電流が取り出せればいいという場合の正負2電源用の回路図です。なお，ちゃんとやるにはセンタータップ付きの両波整流用トランスを使って，各々を半波整流でやるのはよく知られているところです。図2-46は，これのさらに簡便タイプということになります。

【図2-43】リップルフィルタ

【図2-44】電源を周期的にON／OFFする回路

【図2-45】出力電圧の2分の1を得る方法

【図2-46】もっとも簡単に正負2電源を得る回路

§3
実用知識ディジタル編

(1) ディジタル回路とそのIC

今からたった20～30年前の昭和30～40年代，やっと電気工学に代わって電子工学や物性論が脚光をあび始めてはいましたが，まだパソコンは誕生しておらず，オーディオもラジオも，そしてアマチュアのエレクトロニクス製作もアナログ処理するものだけでした。

それが，今ではどうでしょう。音の世界もレコードからCDやDATに移り，ラジオやテレビの中にもディジタル技術が導入されていますし，アマチュアのエレクトロニクス製作にもディジタルがどんどん入り込んでいます。そして，この傾向は未来に向かってますます強くなっていくことでしょう。

さてディジタルというとまず頭に浮かぶのは，ディジタルICということになるでしょう。DTLやTTL-ICから出発したディジタルICも今ではC-MOS ICの時代に移ってしまい，日進月歩の感があります。

そしてなによりうれしいのは，これらのディジタルICがよく規格化されており，アナログ編でお話したリニアICのように各社まちまちということはない，ということです。そのようなわけで，お話のほうもアナログ編よりもディジタル編の方がかなり簡単に済ますことができます。

ディジタルICを大きく分けると，バッファやインバータ，ゲート回路などのいわゆるスタンダードロジックと呼ばれるもののほか，コンピュータ関係（CPUやワンチップマイコン，マイコン周辺といったもの）や，ディジタルスペシャルファンクションといったものになるでしょうか…。

この中で現在もっとも注目を集めているのは，なんといってもコンピュータ関係やディジタルスペシャルファンクションといったものでしょう。でも，これらのディジタルICで作るものはシステムが必然的に大きくなってしまい，そのせいでアマチュアの手にはなかなか負えません。

ワンチップマイコンを使いこなせるような方は，読者ではなくて執筆者の側にまわっていただくのが適当だと考えますので，ここではアマチュアのエレクトロニクス製作で普通に扱える，スタンダードロジックを中心にお話してみることにします。

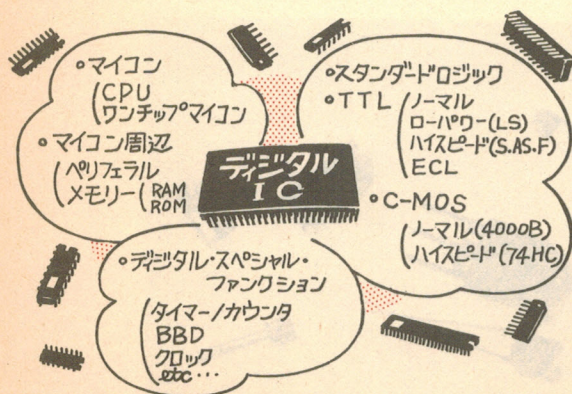
論理回路のいろいろ

論理回路というと出てくるのはバッファやインバータ，それにゲート回路と呼ばれるものです。ゲート回路にはANDやOR，Ex.OR，それにこれらにインバータのついたNANDやNOR，Ex.NORがあるのはご存知のとおりです。

そして，このようなゲート回路を組み合わせて作ったものには，フリップ・フロップやカウンタ，シフトレジスタ，デコーダといったものがあります。

さて，アマチュアのエレクトロニクス製作ではゲート回路を組み合わせていろいろなものを作ることが多いのですが，そのようなときのよりどころが真理値表です。

この真理値表は，たいていのディジタルの本ではAND回路の説明のところにこの回路の真理値表，またNOR回路の説明のところにこの回路の真理値表というようにバラバラに示されているのが普通で，あっちを見たりこっちを見たりで

〈ディジタルIC といっても いろいろある〉

種類	記号	真理値表	
		入力	出力
バッファ	入力 出力	H	H
		L	L
		入力	出力
インバータ	入力 出力	H	L
		L	H

【表3-1】バッファとインバータの真理値表

苦労します。

そこで，**表3-1**～**表3-3**のようにこれらをまとめて一覧表にしておくと便利です。

まず，表3-1はバッファとインバータで，これはこうやってわざわざ書いておかなくてもなんとかなります。

表3-2と表3-3はゲート回路で，表3-2のほうは表3-3のものにインバータを付けたものですから，表3-3と表3-2では出力がちょうど反対になっています。まあ，これも表3-2があれば表3-3はなくてもいいようなものですが，実際に使うとなるとやはり別にちゃんと作っておいたほうが格段に便利です。

このようなよく使う表は，よく使う3端子レギュレータのピン接続などと共に，コピーでもとって壁にピンで止めておくのがうまい手です。こうしておけば，いちいち本を引っぱり出さずにすみます。

さて，バッファやインバータはディジタル回路の中であまり使い道がないように思えますが，インバータのほうは必要になることがよくあります。こんなとき，インバータがどこかに余っていればいいのですが，もし余っていないような場合にはわざわざインバータ用のICを1個使うのも不経済です。

そこで，もしNANDやNORゲートがどこかに余っていたら，**図3-1**のようにしてこれらでインバータを作ることができます。なお，普通は(a)のほうが簡単で便利です。

種類	記号	真理値表		
		入力		出力
		A	B	
NAND	入力 A B 出力	L	L	H
		L	H	H
		H	L	H
		H	H	L
NOR	入力 A B 出力	L	L	H
		L	H	L
		H	L	L
		H	H	L
Ex. NOR	入力 A B 出力	L	L	H
		L	H	L
		H	L	L
		H	H	H

【表3-2】ゲート回路の真理値表①

種類	記号	真理値表		
		入力		出力
		A	B	
AND	入力 A B 出力	L	L	L
		L	H	L
		H	L	L
		H	H	H
OR	入力 A B 出力	L	L	L
		L	H	H
		H	L	H
		H	H	H
Ex.OR	入力 A B 出力	L	L	L
		L	H	H
		H	L	H
		H	H	L

【表3-3】ゲート回路の真理値表②

TTL-ICの世界

ディジタルICといえば最近では，C-MOS ICがもっぱら使われていますが，用途によってはTTL-ICでなくてはならないこともあります。

●規格の調べ方，見方

TTL-ICの規格を知るにはテキサス・インスツルメンツの〝The Bipolar Digital Integrated Circuits Data Book〞を見れば一目瞭然で，たとえば，SN7400のところを見ればMB7400(富士通)，HD7400(日立)，M7400(三菱)，MC7400(モトローラ)，DM7400(ナショセミ)，μPB7400(日電)，N7400(シグネティックス)，TD7400(東芝)のことはみんな分ってしまうというわけです。

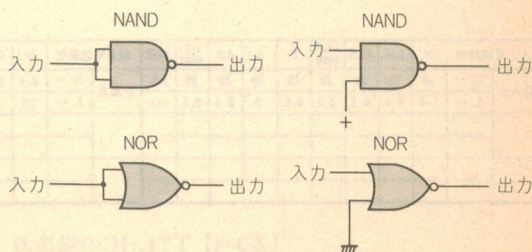
でも，前記のTIのデータブックは厚くて重たいですし，また高価で，誰でも買うというわけにはいきません。

手軽にTTL-ICの規格を知るには，「最新TTL IC規格表」(CQ出版社刊)が手軽で便利です。これは§2で紹介した「最新トランジスタ規格表」や「最新FET規格表」と同じ規格表シリーズの1つで，やはり年度版で出版されています。

表3-4は，「最新TTL IC規格表」の中の7400のところを紹介したものです。これを見ると，左上に書かれているのは，ただ単に〝7400〞

【図3-1】NANDやNORゲートでインバータを作る

だけです。昔は製作記事の中にもちゃんと〝SN7400〟と書いてあるのが普通でしたが，今では〝7400〟とだけ書くのが常識になっているのと理由は同じです。これは，〝7400〟と書いてSNもMBもHDもMも…，すべての7400を表しているのです。

さて，メーカーの出している部厚いデータブックには7400についてもいろんなことが書かれていますが，表3-4に示した規格表では随分整理されています。でも，TTL-ICを普通に使うのであればここに示されたもので十分です。では，表3-4をもう少し見てみましょう。

まず左上にあるピン接続，これは絶対に必要なもので，規格表を開いてみる理由の大部分はこのピン接続を知るためといっても過言ではありません。

TTL-ICのピン接続は，データブックを見ても規格表を見ても，図3-2(a)のようにICを上から見た上面図（Top View）で書かれています。もし何にも書いてなかったら，上面図と思っても間違いありません。

一方，私の場合にはプリント板用のプリントパターンを銅はく面でレイアウトする関係で，(b)のように底面図(Bottom View)で見ています。

まあ，どちらから見るにしてもICそのものに違いがあるわけではありませんから間違えなければ問題ないのですが，間違えてしまうとこれはNGです。

現実に行われていること（上面図で書かれている）と，実際に使う上で便利なこと（プリントパターンのための底面図）では，くい違うこともありますが，どちらをとるかは個人の問題でしょう。

ここで言えることは，間違えないで使うようにしなければならないということですが，そのためにはピン番号を１つのよりどころにするのがいいでしょう。上から見ても底から見ても，ピン１はピン１です。

なお，実際のICには図3-2に示したように方向を間違えないように印が付いているのが普通です。ま

—15—

7400　Quad 2 Input NAND

項目	入力	出力	max/min	N	LS	ALS	ALS 1000	F	S	AS	AS 1000	HC	HCT	単位
t_{pd}	–	L→H	max	22	15	11	8	6	4.5	4.5	3.5	23	24	ns
		H→L	max	15	15	8	8	5.3	5	4	3.5	23	24	ns
Icc	–	出力H	max	8	1.6	0.85	1.6	2.8	16	3.2	3.5	0.02	0.02	mA
		出力L	max	22	4.4	3	7.8	10.2	36	17.4	19	0.02	0.02	mA

参考品種
7410
7420
7430

社名	記号	N	LS	ALS	ALS 1000	F	S	AS	AS 1000	HC	HCT
FC		*	*			*	*				
富士通	MB	*	*	*	*		*				
日立	HD	*	*	*			*			*	
松下	DN/MN		*							*	*
三菱	M	*	*	*	*		*			△	△
MOT	MC	*	*	*		*				*	*
NS	DM/MM	*	*	*	*		*	*	*	*	*
日電	μPB/D	*					*			*	
RAY		*	*								
RCA										*	*
SIG	NCD	*	*			*	*			*	*
TI	SN	*	*	*	*		*	*	*	*	
東芝	TD/TC	*								*	
SGS	M		*							*	
沖	MSM									*	
シャープ	LR									*	
ローム	BU									*	

入力電流特性		N	LS	ALS	ALS 1000	F	S	AS	AS 1000	単位
全入力	H→	40	20	20	20	20	50	20	20	μA
	L←	1.6	0.4	0.1	0.1	0.6	2	0.5	0.5	mA

出力電流特性		N	LS	ALS	ALS 1000	F	S	AS	AS 1000	HC	HCT	単位
全出力	H→	0.4	0.4	0.4	2.6	1	1	2	48	4	4	mA
	L←	16	8	8	24	20	20	20	48	4	4	mA

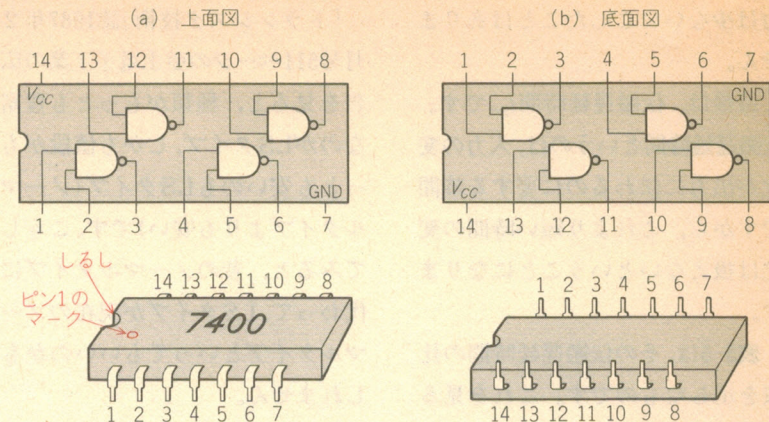
【表3-4】TTL-ICの規格の一例（CQ出版・「最新TTL IC規格表」より）

た，上面にピン１を示すマークの付いているものもあります。これらの印やマークがないとピン１が確定できませんから，これは大切なものです。

そのほか表3-4には，左下に示されている入出力電流特性，右上に伝搬遅延時間t_{pd}と電源電流I_{CC}が示されています。これらについては，この後で説明してみることにします。

●N, LSといろいろあるが…

表3-4を見ると7400にもN，LS，ALS…といろいろなものがあることがわかりますが，Nというのがノーマルの7400です。古くに開発されたTTL-ICはみんなこのノーマルから出発したのですが，最近開発されたものではもうノーマルのないもの（たとえば7418）もあります。

表3-4にはN，LS，ALS，ALS1000，F，S，AS，AS1000，HC，HCTと10種類もの7400がリストアップされていますが，このうちのHCとHCTはC-MOS ICなので話を後に回します。このほかH（74H00）とかL（74L00）といったものもあったのですが，今では使われなくなったということで除外されています。

さて，残ったものの中で現在普通に手に入るのは，ノーマルタイプの7400，ローパワータイプの74LS00，それにハイスピードタイプの74S00です。このほかに，最近ではやはりハイスピードの74F00も手に入るようになってきています。

なお，ここでは一番なじみの深いNANDゲートの7400を例にしてお話していますが，他のゲートICを事情は同じです。

では，容易に手に入る7400，74LS00それに74S00について，入出力電流特性や伝搬遅延時間，電源電流といったものを比べてみることにしましょう。

図3-3は，7400シリーズの入出力電流特性を示したものです。これを見て何を思うかですが，まあ出力電流でいきなりLEDを光らせたいとか，リレーを働かせたいという特殊な事情があれば別ですが，アマチュアがエレクトロニクス製作を楽しむのに普通に使うのであれば，とりあえずどれでもいいということになるでしょう。

あえていうならば，次の電子回路をドライブするための出力電流に注目することになりますが，もっとも出力電流の少ないLSタイプでも吸い込みで8mAありますから，トランジスタを十二分にドライブできます。

では，伝搬遅延時間にいく前に電源電流I_{CC}を比べてみることにしましょう。**図3-4**はその様子で，電源電流は出力電流の取り出し方で違ってきますが，図3-3と比べながら見れば一応の判断はできます。

この電源電流はとりもなおさずICの消費電力ということになり，ローパワータイプの74LS00が一番少ないのは当然です。もちろん，同じ仕事をさせるのなら，消費電

（a）上面図

【図3-2】上から見るか底から見るか

〈規格表は役に立つ〉

【図3-3】7400シリーズの入出力電流特性

7400シリーズ

入力電流 ⇨ ⇨ 出力電流

	N	LS	S
H →	40μA	20μA	50μA
L ←	1.6mA	0.4mA	2mA

	N	LS	S
H →	0.4mA	0.4mA	1mA
L ←	16mA	8mA	20mA

力は少ないにこしたことはありません。

最後は，伝搬遅延時間t_{pd}です。伝搬遅延時間というのは，入力の変化が出力に伝わるのに要する時間ですから，これより短い時間の変化は扱えないということになります。

表3-5は，その伝搬遅延時間の比較を示したものです。これを見るともっとも時間がかかるのは，ノーマルタイプの7400のL→Hの場合で，その時間は22ns（nは10^{-9}）です。

私のようなアナログ人間にはどうも22nsといってもピンとこないので，これを周期とみて単純に周波数に直してみると約45MHzということになります。

この場合の45MHzという，数字はゲートICで扱える周波数の上限を判断するのにはあまり役に立ちませんが，ここで言いたいのは，いずれにしてもアマチュアのエレクトロニクス製作で扱う数kHzから数MHzの周波数であれば，わざわざ74S00を使う必要はまったくなく，7400か74LS00で十分だということです。

ここまでみてくれば，賢明なあなたならもうどのタイプを選べばいいかお分りになったことでしょう。そう，TTL-ICであればLSタイプ（74LS00）を選ぶのが正解ということになります。

「トランジスタ技術」誌1987年2月号511ページの亜土電子工業の広告を見ると，種類がもっとも豊富なのがLSタイプ，しかも値段がもっとも安いのもLSタイプ（ノーマルタイプよりも安い）です。こうしてみると，昔のノーマルタイプに代わって，LSタイプが現在のノーマルタイプといってもいいのかもしれません。

しかし，これも1987年4月現在のことで，これからまた何年かたてば様子が変わっているかもしれません。そして，今となってはTTL-ICそのものが，後でお話するC-MOS ICに主役の座を譲っているともいえます。そういう意味では，今までの話は〝もしTTL-ICで選ぶならば…〟ということになるでしょう。

●ICを選ばねばならない場合

最近のパソコンは8MHzだ10MHzだとスピードが速くなっており，これはもう短波の周波数です。同じように，ディジタル回路で扱う周波数もどんどん高くなってきています。

では，高周波の分周に使われることのあるフリップフロップについて調べてみることにしましょう。TTL-ICのフリップフロップでおなじみなのは7473，7474，7476といったものですが，これらのICの最高クロック周波数は，**表3-6**のようになっています。これでみると，短波（3～30MHz）の周波数を扱うのでしたら，まずLSタイプでよさそうです。

でもVHFの，たとえば50MHzを分周したいというときには，これはICを選ばねばならなくなってきます。アマチュアのエレクトロニクス製作ではディジタル回路でこのような周波数を扱うことはないでしょうが，アマチュア無線の分野ではこのような要求がおきることもあります。

図3-5は，「ハムのトランジスタ活用」の中で紹介した〝PLLによる144MHz帯用ディジタルVFOの製作〟の中で，48MHz帯を4分の1に分周して12MHz帯を得ている回路です。このときには74H103（最高クロック周波数は50MHz）を使っていますが，今なら74S74でバッチリOKでしょう。

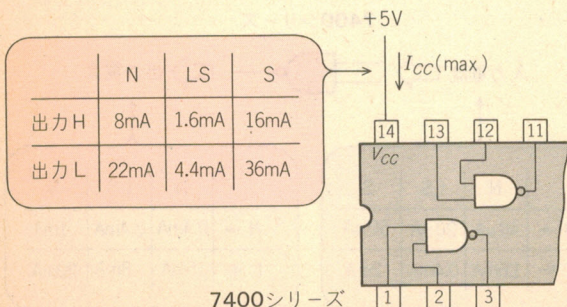
	N	LS	S
L→H	22ns	15ns	4.5ns
H→L	15ns	15ns	5ns

【表3-5】7400シリーズの伝搬遅延時間t_{pd}の比較

	N	LS	S
7473	15MHz	30MHz	—
7474	15MHz	25MHz	75MHz
7476	15MHz	30MHz	—

【表3-6】フリップフロップの最高のクロック周波数

	N	LS	S
出力H	8mA	1.6mA	16mA
出力L	22mA	4.4mA	36mA

+5V
I_{CC}(max)
V_{CC}
14 13 12 11
1 2 3
7400シリーズ

【図3-4】電源電流を比べてみる

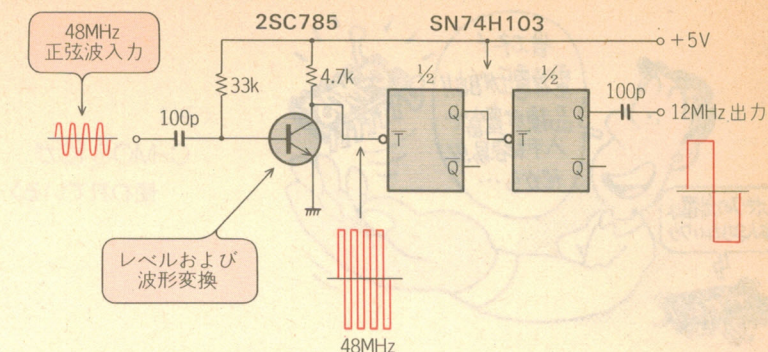
なお，今では74F74も手に入りますが，74F74の最高クロック周波数はさらに高く，100MHzとなっています。

周波数の高いほうの話が出たついでに，ECLの話をしておきましょう。最近ではVHFやUHFでもPLLや周波数カウンタなどが作られますが，100MHz以上の周波数ではECLということになります。

【図3-5】48MHz帯を¼分周する回路

スタンダードロジックのECLにはECL10Kシリーズとか，ECL100Kシリーズといったものがあり，スピードもTTL-ICの数倍（2入力ANDゲートの1010（ECL10Kシリーズ），t_{pd}は2.2～2.7ms）も速くなっています。でも，私もいじったことがありませんし，アマチュアが手にすることは少ないでしょう。

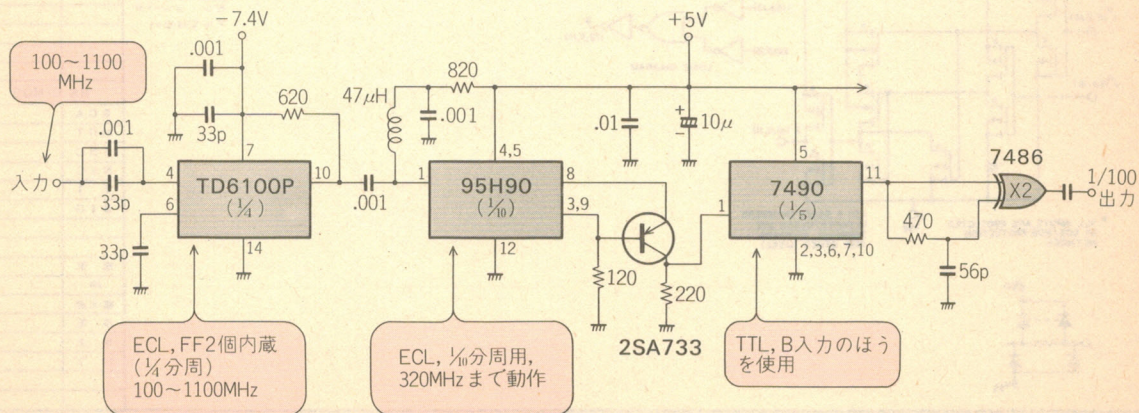
アマチュアのエレクトロニクス製作でECLが実際に使えるのは，周波数カウンタに前置して使うプリスケーラ用のものです。

図3-6は，本誌1978年4月号で紹介した〝100～1100MHz　1/100プリスケーラ〟の回路です。TD6100Pは東芝のECLで，100～1100MHzを4分周して25～275MHzに直します。でも，この次も275MHzを扱わねばならないのでやはりECLが必要で，95H90はフェアチャイルドの超高速ECL（10分周）です。これで，95H90の出力は2.5～27.5MHzとなります。

…とここまではECLが必要なのですが，ここまでくればTTLが使えます。ただし，7490のB入力（⅕分周のほう）の最高クロック周波数は16MHzなので，今やるのならここは検討が必要です。最後に2逓倍をしているのは，分周の数を100分の1に合わせるためです。このディジタル逓倍回路については，§1でお話したとおりです。

C-MOS ICの世界

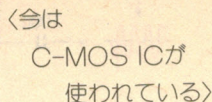
今までずっとTTL-ICの話をしてきましたが，このところ私自身はほとんどTTL-ICは使わなくなっています。そして，TTL-ICに代わってもっぱら使っているのが，これからお話するC-MOS ICです。

このようにC-MOS ICをよく使う理由は，TTL-ICに比べて消費電力が少なく省エネであることと，電源電圧に自由度がある，それに品種も豊富になって普通の用途であれば不自由はなくなった，からということができます。

TTL-ICは74シリーズで規格化されていましたが，C-MOS ICでは4000Bシリーズということになります。また，TTL-ICのところで出てきましたが，74HCシリーズもあります。このうち，4000Bシリーズは C-MOS IC独特のものですが，74HCシリーズはTTL-ICの74シリーズとピンコンパチブルになっています。

【図3-6】ECLの使用例（周波数カウンタのプリスケーラ）

〈今は
C-MOS ICが
使われている〉

●規格の調べ方，見方

基本的にはTTL-ICの場合と同じですが，TTL-ICではデータブックはテキサスインスツルメンツ(TI)のもので代表されていたのに対して，C-MOS ICでは各社ごとにデータブックが作られています。

これは，4000Bシリーズということでピン接続や基本的な規格はみんな同じになっているのですが，最高使用電圧や入出力電流などがメーカーによっていくらか違い，そこをきちんとするために各社ごとにデータブックが作られているのでしょう。

そのようなわけで各社からデータブックが出されているのですが，アマチュアがこれを集めるのは不経済ですので，TTL-ICの場合と同じように「最新C-MOS IC規格表」(CQ出版社刊)を利用します。

この規格表に納められているのは4000Bシリーズと74HCシリーズで，74HCシリーズのほうはTTL-ICの規格表のほうにも相当するもの(ピン接続が同じ)が示されていたのはすでにお話したとおりです。

C-MOS ICの場合にも前記の規格表があれば使う上での不便はありませんが，さらにくわしいことを知りたくなることもあるかもしれませんから，RCAかナショセミ，モトローラなどのうちどれか1社のデータブックを用意しておくといいでしょう。

●4000Bシリーズ

－31－

4011B/UB　　Quad 2-Input NAND Gate

●ピン接続図

等価回路

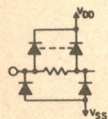
LOGIC DIAGRAM

1 OF 4 GATES (NUMBERS IN PARENTHESES ARE TERMINAL NUMBERS FOR OTHER GATES)

* ALL INPUTS ARE PROTECTED BY COS/MOS PROTECTION NETWORK

■スイッチング特性　(単位 ns)

C-MOS (V_{DD}=3～18V)	V_{DD}	typ	max
t_r, t_f	5V	100	200
	15V	40	80
t_{PLH}, t_{PHL}	5V	125	250
	15V	45	90
UB t_{PLH}, t_{PHL}	5V	60	120
	15V	25	50

HS C-MOS (V_{DD}=2～6V)	V_{DD}	typ	max
t_r, t_f	2.0V		
	6.0V		
t_{PLH}, t_{PHL}	2.0V		
	6.0V		

■相当品

74HC00

ピン・コンパチブルではない

C-MOS	
RCA	CD4011B, UB
MOT	MC14011B,UB
FSC	
NSC	CD4011B
TI	
SIG	HEF4011B,UB
SSS	SCL4011B,UB
SGS	HCC4011B
東芝	TC4011BP
沖	MSM4011B
富士通	MB84011B
日電	μPD4011BC
日立	HD14011B
松下	MN4011B
三菱	M4011BP,UBP
ローム	BU4011B
三洋	LC4011B
新日無	NJU4011B
H C-MOS	
東芝	
HS C-MOS	
RCA	
MOT	
FSC	
NSC	
TI	
SIG	
東芝	
沖	
富士通	
日電	
日立	
松下	

【表3-7】4011の規格(CQ出版・「最新C-MOS IC規格表」より)

これはJEDECで規格を定めたもので，4000Ａシリーズや4000Ｂシリーズがあり，そのほかメーカーによってサフィックスがＣとかＭというように，自社の規格を盛り込んだものもあります。

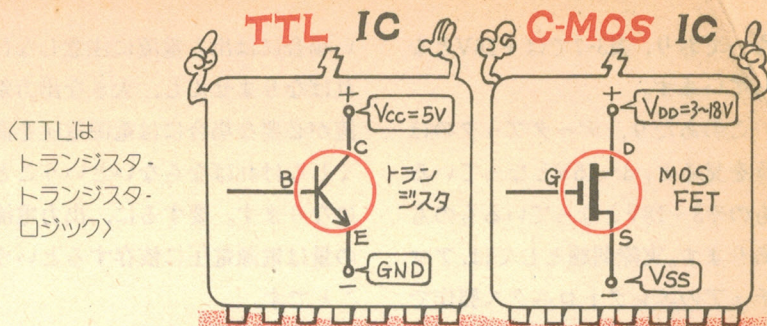
ではTTL-ICの場合の7400に相当する4011Ｂを例にして話を進めていくことにしましょう。

表3-7は，1986年版の規格表の31ページに示された4011Ｂのところです。

まず右端の各社ごとの一覧表を見ると，○○4011Ｂというのと××14011Bというのがあるのに気が付くでしょう。メーカーごとの表示を取り去れば，4011Ｂというのと14011Bということになりますが，これはどちらも4000Ｂシリーズで同じです。ですから，お店に買いに行ったときに，〝4011をください！〟と言ったのに，渡されたものが14011であっても一向に構わないわけです。

ついでにいえば，4011Ｂを買いに行くときに，たとえばわざわざ〝MB84011Bをください！〟という必要はなく，〝4011をください！〟でOKです。その結果，CD4011Bが出てこようがTC4011BPが出てこようがMC14011Bが出てこようが，はたまたMB84011Bが出てこようが，それですべてOKというわけです。

でも，場合によってはちょっと注意しなければならないこともあります。

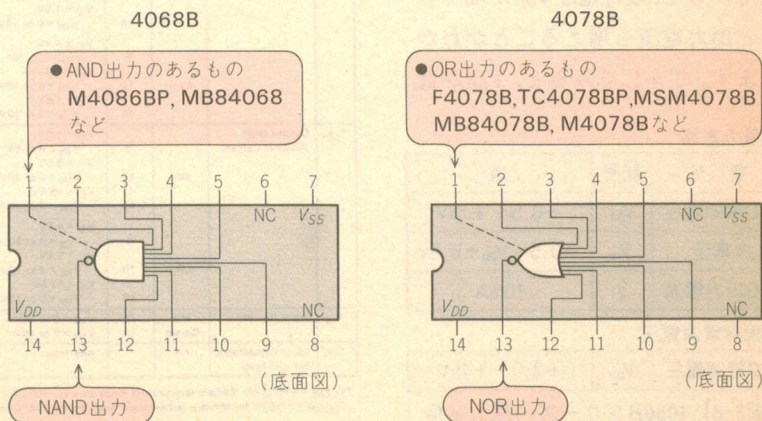
図3-7は8入力のNANDゲート(4068B)とNORゲート(4078B)で，実はこれらのICにはピン1に出力(4068BではAND出力，4078BではOR出力）の出ているものと出ていないものがあるのです。ちなみに，8入力のANDゲートやORゲートのものはありません。

そのようなわけで，８入力のNANDやNORゲートが必要な場合には問題ないのですが，ANDやORゲートが必要な場合には，その出力が出ているものかどうかを確認して買う必要があります。

もっとも，ANDやOR出力が出ていなければNANDやNOR出力の後にインバータを１個つければ済むことではありますが…。

では，表3-7をもう少し調べてみることにしましょう。

まずピン接続ですが，4000Ｂシリーズは74シリーズとまったく関係がありませんので，これはどうしても必要な情報です。これは，もちろん上面図で示されています。ピン接続図を見ると，電源の端子がV_{DD}(＋)とV_{SS}(－)になっています。TTL ICの場合にはV_{CC}(＋)とGND(－)でしたが，C-MOS ICでは中身はFETですから，プラス電圧のかかるドレイン(D)のほうがV_{DD}，マイナス電圧のかかるソース(Ｓ)のほうがV_{SS}なのです。

表3-7を見ると，TTL-ICのときのような入出力電流特性や電源電流が示されていませんが，これはどうしたわけでしょうか。これは，4000Ｂシリーズの規格がちゃんと決まっているのでいちいち書かなくてもいいということがその１つ，そしてもう１つは各社ごとの細かい電気的特性の違いはここには書ききれない，といった理由によるものでしょう。

表3-8は，4000Ｂシリーズの最大定格と推奨使用電圧範囲を示したものです。これを見ると推奨電源電圧の上限は＋15Ｖとなっていますが，最大定格のほうは＋18Ｖと

【図3-7】ANDやOR出力が必要な場合には要注意

なっており，表3-7では+18Vとなっています。

このあたり，データブックのほうを見ると，3~15Vとなっているものや3~18Vとなっているものもあります。実際問題としては，アマチュアのエレクトロニクス製作では+12Vくらいが上限ですから，まず問題はないでしょう。

電源電圧の下限のほうは+3Vで，これは単3乾電池2個でOKという電圧です。

表3-9は，モトローラやナショセミなどのC-MOS ICのデータブックに示されている4000Bシリーズの電気的特性です。もちろん，どのデータブックのものも同じです。このほかに，たいていのデータブックには自社で採用している電気的特性を示してあるのが普通です。

この表を見るといろんなことが書いてありますが，まず気が付くのは電源電流I_{DD}が数μA~数十μAととても少ないということです。でも，この電流は出力を取り出せば増えることは当然です。

この表には入力電流I_Nや出力電流I_Oが示されていますが，このうち特に気になる出力電流のほうを見てみると，電源電圧V_{DD}が高くなると出力電流も増えることがわかります。こうしてみると，V_{DD}が低い場合には出力電流に注意しなければなりませんし，大きな出力電流が必要な場合には電源電圧を高くしなければならないということになります。要するに，出力電流の量は電源電圧に依存するということです。

さて，表3-7にもどってみると，この中に示されているのはスイッチング特性です。一般的にいって4000BシリーズのC-MOS ICの使用可能な周波数の上限は数MHzといったところなので，数kHz~数十kHzのところで使うのならばまず問題ありません。もし数MHzとかそれ以上の周波数で使うのであれば，次にお話する74HCシリーズのC-MOS ICを使うのが適当です。

●74HCシリーズ

ひと口でいって，性能はTTL-ICなみ，中身はC-MOS ICというのが，この74HCシリーズです。別のいい方をすれば，TTL-ICのいいところを受けついだC-MOS IC

●最大定格

項　目	記号	値
DC電源電圧	V_{DD}	−0.5~+18V
入力電圧	V_{IN}	−0.5~V_{DD}+0.5V
DC出力電流	I	10mA

●推奨電源電圧

DC電源電圧	V_{DD}	+3.0~+15V

【表3-8】4000Bシリーズの最大定格と推奨電源電圧

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

	PARAMETER	TEMP RANGE	V_{DD} (Vdc)	CONDITIONS	T_{LOW}* Min	T_{LOW}* Max	+25°C Min	+25°C Typ	+25°C Max	T_{HIGH}* Min	T_{HIGH}* Max	UNITS
I_{DD}	Quiescent Device Current GATES	Mil	5	V_{IN} = V_{SS} or V_{DD}		0.25			0.25		7.5	μAdc
			10			0.5			0.5		15	
			15			1.0			1.0		30	
		Comm	5	All valid input combinations		1.0			1.0		7.5	μAdc
			10			2.0			2.0		15	
			15			4.0			4.0		30	
	BUFFERS, FLIP-FLOPS	Mil	5	V_{IN} = V_{SS} or V_{DD}		1.0			1.0		30	μAdc
			10			2.0			2.0		60	
			15			4.0			4.0		120	
		Comm	5	All valid input combinations		4			4.0		30	μAdc
			10			8			8.0		60	
			15			16			16.0		120	
	MSI	Mil	5	V_{IN} = V_{SS} or V_{DD}		5			5		150	μAdc
			10			10			10		300	
			15			20			20		600	
		Comm	5	All valid input combinations		20			20		150	μAdc
			10			40			40		300	
			15			80			80		600	
V_{OL}	Low-Level Output Voltage	All	5	V_{IN} = V_{SS} or V_{DD}		0.05			0.05		0.05	Vdc
			10	$\lvert I_O \rvert$<1μA		0.05			0.05		0.05	
			15			0.05			0.05		0.05	
V_{OH}	High-Level Output Voltage	All	5	V_{IN} = V_{SS} or V_{DD}	4.95		4.95			4.95		Vdc
			10	$\lvert I_O \rvert$<1μA	9.95		9.95			9.95		
			15		14.95		14.95			14.95		
V_{IL}	Input Low Voltage	All	5	V_O = 0.5V or 4.5V		1.5			1.5		1.5	Vdc
			10	V_O = 1.0V or 9.0V		3.0			3.0		3.0	
			15	V_O = 1.5V or 13.5V, $\lvert I_O \rvert$<1μA		4.0			4.0		4.0	
V_{IH}	Input High Voltage	All	5	V_O = 0.5V or 4.5V	3.5		3.5			3.5		Vdc
			10	V_O = 1.0V or 9.0V	7.0		7.0			7.0		
			15	V_O = 1.5V or 13.5 V, $\lvert I_O \rvert$<1μA	11.0		11.0			11.0		
I_{OL}	Output Low (Sink) Current	Mil	5	V_O = 0.4V, V_{IN} = 0 or 5V	0.64		0.51			0.36		mAdc
			10	V_O = 0.5V, V_{IN} = 0 or 10V	1.6		1.3			0.9		
			15	V_O = 1.5V, V_{IN} = 0 or 15V	4.2		3.4			2.4		
		Com	5	V_O = 0.4V, V_{IN} = 0 or 5V	0.52		0.44			0.36		mAdc
			10	V_O = 0.5V, V_{IN} = 0 or 10V	1.3		1.1			0.9		
			15	V_O = 1.5V, V_{IN} = 0 or 15V	3.6		3.0			2.4		
I_{OH}	Output High (Source) Current	Mil	5	V_O = 4.6V, V_{IN} = 0 or 5V	−0.25		−0.2			−0.14		mAdc
			10	V_O = 9.5V, V_{IN} = 0 or 10V	−0.62		−0.5			−0.35		
			15	V_O = 13.5V, V_{IN} = 0 or 15V	−1.8		−1.5			−1.1		
		Com	5	V_O = 4.6V, V_{IN} = 0 or 5V	−0.2		−0.16			−0.12		mAdc
			10	V_O = 9.5V, V_{IN} = 0 or 10V	−0.5		−0.4			−0.3		
			15	V_O = 13.5V, V_{IN} = 0 or 15V	−1.4		−1.2			−1.0		
I_{IN}	Input Current	Mil	15	V_{IN} = 0 or 15V		±0.1			±0.1		±1.0	μAdc
		Comm	15	V_{IN} = 0 or 15V		±0.3			±0.3		±1.0	μAdc
C_{IN}	Input Capacitance per unit load	All	−	Any Input					7.5			pF

*T_{LOW} = −55°C for Military temperature range device, −40°C for Commercial temperature range device.
T_{HIGH} = +125°C for Military temperature range device, +85°C for Commercial temperature range device.

【表3-9】C-MOS ICの4000Bシリーズの規格

ということができるでしょうか。

表3-10は，TTL-ICの7400と同じ2入力のNANDゲートが4個入った，74HC00のところを示したものです。この74HCシリーズは，4000Bシリーズに対してハイスピード(HS) C-MOSと呼ばれ，右下の〝HS C-MOS〟のところに示されているように各社で作られており，私たちの手にも入るようになってきています。

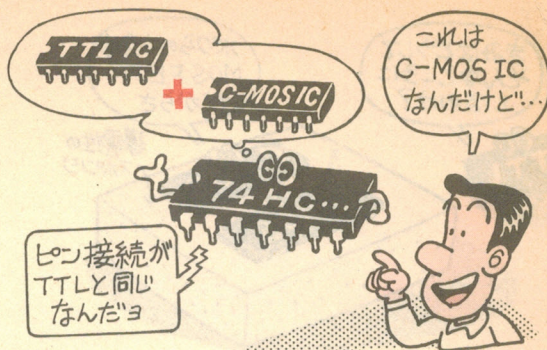
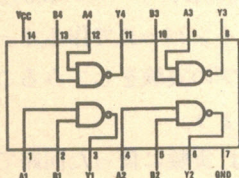
この74HCシリーズはTTL-ICとピン接続が同じなので，長い間TTL-ICでやってきた人には4000Bシリーズよりも，とっつきやすい感じがします。私などもいったん4000Bシリーズをいじった後74HCに触れたとき，とてもなつかしい気がしたものでした。

…というわけで，ピン接続についてはTTL-ICのことを思い出せばよく，使い方はC-MOS ICと同じということで，使い方について特にお話することはないのですが，ちょっと電源電圧に注目しておきましょう。

表3-10を見ると，HS C-MOSの電源電圧V_{DD}は2～6Vとなっています。これを見ると2Vから働くということで，単3乾電池2個で動作させた場合に減電圧特性の良い回路を作ることができます。注意しなければならないのは上限で，6Vしかありませんからこれを越えないようにしなければなりません。

スピードのほうはハイスピード

〈74HCシリーズはTTLと足が同じ〉

－182－

74HC00　　Quad 2-Input NAND Gate

真理値表

Inputs		Outputs
A	B	Y
L	L	H
L	H	H
H	L	H
H	H	L

■スイッチング特性　（単位 ns）

C-MOS (V_{CC}=3～15V)	V_{CC}	typ	max
t_{PLH}, t_{PHL}	5V	50	90
	10V	30	60

H C-MOS (V_{CC}=2～8V)	V_{CC}	typ	max
t_r	5V	18	40
t_f	5V	17	40
t_{PLH}	5V	13	25
t_{PHL}	5V	15	25

HS C-MOS (V_{DD}=2～6V)	V_{CC}	typ	max
t_r, t_f	2.0V	38	75
	6.0V	6	13
t_{PLH}, t_{PHL}	2.0V	45	90
	6.0V	8	15

特　徴

TTL の74LS00 と同一ピン配置，同一機能

LS TTL ファンアウト 10 (74HC00)

■相当品

4011

C-MOS	
RCA	
MOT	
FSC	
NSC	MM74C00
T I	
SIG	
東芝	
沖	
富士通	
日電	
日立	
松下	
三菱	

H C-MOS	
東芝	TC40H000P
シャープ	LR40H000

HS C-MOS	
RCA	CD74HC00E Ⓣ
MOT	MC74HC00 Ⓣ
FSC	
NSC	MM74HC00 Ⓣ
T I	SN74HC00
SIG	HC00 Ⓣ
ZTRX	ZX74HCT00
SPI	SP74HC00
東芝	TC74HC00P
沖	MSM74HC00
富士通	
日電	μPD74HC00
日立	HD74HC00P
松下	MN74HC00
シャープ	LR74HC00
三菱	M74HC00 Ⓣ
新日無	NJU74HC00

【表3-10】C-MOS IC規格表には74HCシリーズも納められている（CQ出版・「C-MOS IC規格表」より）

〈C-MOOS ICの保管は?〉

C-MOSですから4000Bシリーズに比べればかなり速く，TTL-ICと同じと考えてもそう大きな間違いはありません。ちなみに，このデータはTTL-ICの規格表を見たほうが良い場合も多く，たとえば表3-6に示したフリップフロップで比べてみると，74HCシリーズの74HC74の最高クロック周波数は21MHzとなっています。

●C-MOSはこわれやすいか

ディジタルICを買いに行くと，TTL-ICだと無雑作にそのままビニールの袋に入れてくれますが，C-MOS ICだと銀紙にくるんだり，導電性のスポンジにさしこんだりしてものものしい感じです。これはもちろんC-MOS ICの中身がMOS FETで，静電気でこわれてしまうことがあるからです。

…というわけで，昔からC-MOS ICはこわれやすいこわれやすいといわれ，最初は持つときにも指先でそっと注意しながら持つというように気を使っていたのですが，最近では随分荒ぽっく扱うようになってきました。実際にも，まだ静電気やハンダごてのリーク電流でこわしたという実感を持ったことはないので，あんまり神経質になることはないように思います。

それでも，最近になって，ゲートICではないのですがC-MOSで作られた電子オルガン用のICで，明らかに静電気でこわれたという体験しました。これはキーのところで静電気が起き，後でためしてみたらネオン管が光るほどだったのですが，これはみごとにICがこわれました。

そのようなわけで，C-MOS ICだからといってはれものに触るように扱う必要はありませんが，保管しているときには導電性のスポンジにさしておくくらいの注意はしておくべきでしょう。

*

ノーマルタイプのTTL ICでスタートしたディジタルICもそのうちにLSタイプになり，C-MOS ICが登場して現在では4000Bシリーズのものがもっとも一般的になっています。

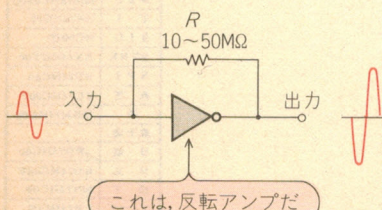
そして，ここにきて74HCの登場です。時代は次第に移っていきますが，これからは74HCの時代がくるようにも思います。

(2) ディジタルICの使用例

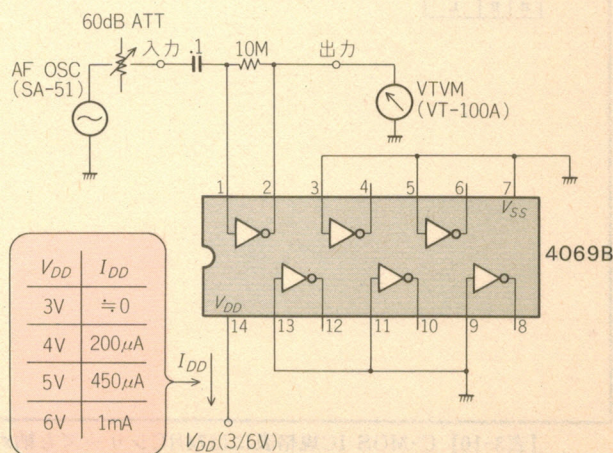
C-MOS ICのインバータを使って，オーディオアンプを作ることができます。作り方はまったく簡単で，図3-8のようにします。ものの本によればRは50MΩくらいと書いてありますが，普通に手に入るのは10MΩまでです。

では，4000Bシリーズの4069Bを使って，インバータで作るオーディオアンプの実験をしてみることにしましょう。

図3-9は，実験に使った回路です。電源電圧は3Vと6Vで実験することにしたのですが，3Vにしたら電源電流I_{DD}がほとんどゼロになってしまったので，4～6Vの間で1Vごと

R 10～50MΩ
入力
出力
これは，反転アンプだ

【図3-8】インバータで作るオーディオアンプ

【図3-9】インバータで作るアンプの実験回路

V_{DD}	I_{DD}
3V	≒0
4V	200μA
5V	450μA
6V	1mA

に調べたのを図3-9に示してあります。

まず，インバータで作ったオーディオアンプの入出力特性を調べてみました。結果は図3-10のとおりで，どういうわけかV_{DD}＝3Vのほうがゲインが大きくなっています。測定の間，出力波形をオシロスコープで観測してみましたが，常に目で見てわかる程度のひずみがあります。恐らくひずみ率は2～3％といったところでしょうか…。でも，これはもともとディジタル回路用のICでアナログ信号を増幅しようというのですから仕方のないことです。

表3-11は，入出力インピーダンス，それに図3-10からゲインを計算してみたものです。

まず，入力インピーダンスはなかなか高く，使いやすいようです。

出力インピーダンスのほうはV_{DD}が6Vのときは10kΩとまあまあだったのですが，3Vでは300kΩと大きくなってしまいました。

アンプの理想は入力インピーダンスが無限大，出力インピーダンスがゼロ（オペアンプがこれに近い）ですから，V_{DD}が3Vではちょっと使いにくく，6Vではまあまあのアンプといえます。

ゲインは20～30倍(26～30dB)といったところで，思ったよりあります。ただし，これは負荷が無限大（VTVMだけ）のときの値ですから，負荷が継がればこれより減ってしまいます。実際には，負荷を数kΩと想定すると，ゲインは数倍といったところでしょう。

周波数特性も調べてみましたが，低域はまったくフラットで，高域も20kHzくらいまではフラット，100kHzでも－4dBくらいでしたので，紹介するのはやめにします。

なお，このオーディオアンプはわざわざインバータを用意して作るものではなく，回路の中にたまたまインバータが余っていて，しかもオーディオアンプ（それも小信号の）が必要だという場合に応用すべきものです。

いろいろな発振器

まず，インバータを使った非安定マルチバイブレータから始めましょう。回路はおなじみの**図3-11**のようなもので，R_Sはなくても発振しますが確実に動作させるには最初から入れておいたほうが安全です。

発振周波数はRとCで決まりますが，R_Sも影響を与えます。発振周波数を細かく調整したい場合には，Cを変えるのはたいへんですから固定しておき，Rのほうを可変抵抗器にします。

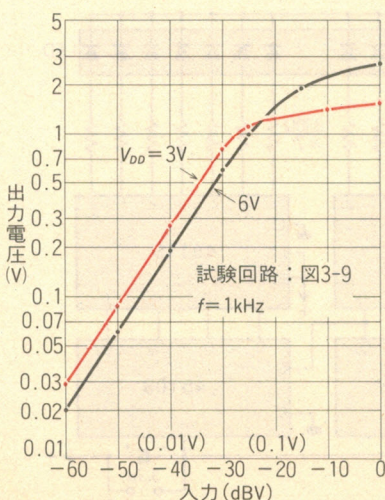
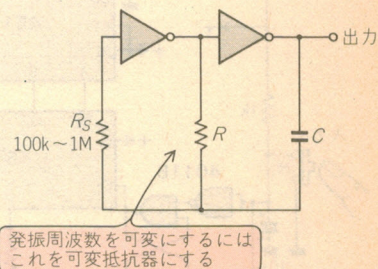
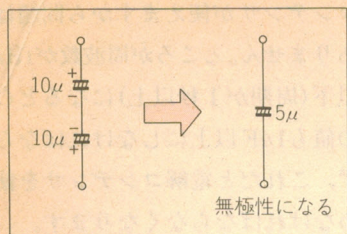
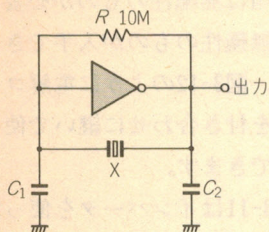
発振周波数が可聴周波（数100Hz～数kHz）のときにはCは0.001～0.01μFでよく，これならマイラーコンデンサが使えますから問題はありません。ところが周波数が1Hz以下（周期が1秒以上）になるとCの値も1μF以上にしなければならず，これだと電解コンデンサを使わなければならなくなります。

この場合，コンデンサにかかる電圧の極性が瞬間的に入れ替わるので本当は無極性のものが必要です。もし無極性のものが入手できなければ，**図3-12**のように電解コンデンサを付き合わせに継いで使うこともできます。

図3-11はインバータを使ったものでしたが，インバータは図3-1のようにNANDゲートやNORゲートでも作れましたから，非安定マルチバイブレータをNANDゲートやNORゲートで作ることもできます。

非安定マルチバイブレータの発振のON/OFFをコントロールしたい場合には，**図3-13**のようにします。この回路では，コントロール端子をハイ(H, V_{DD}につなぐ)にすると発振し，ロー(L, V_{SS}につなぐ)と発振が止まります。もちろんNORゲートでも同じことがやれます

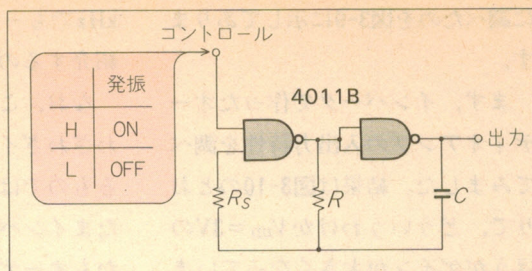
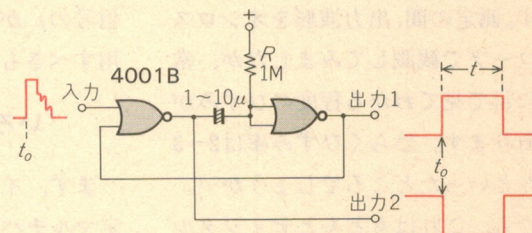
V_{DD}→	3V	6V
入力インピーダンス	330kΩ	470kΩ
出力インピーダンス	300kΩ	10kΩ
ゲイン	28倍	19倍

【表3-11】インバータで作ったアンプの成績(1kHz)

【図3-10】インバータで作ったオーディオアンプの入出力

【図3-11】インバータで作る非安定マルチバイブレータ

【図3-12】無極性の電解コンデンサの作り方

【図3-14】水晶やセラミック発振子を使った発振回路

が，やり方は図3-1(b)を見れば分かりますね。

図3-13のコントロール端子を別の非安定マルチバイブレータで断続してやると，例のピロピロといった発振音が得られます。

次に，水晶発振子やセラミック発振子で発振器を作ってみることにしましょう。**図3-14**はそのやり方を示したもので，これは図3-8のアンプの応用例とみることもでき

【図3-13】発振をコントロールする

【図3-15】ワンショットマルチ

ます。なお，C_1やC_2は周波数合わせを行うためのもので，発振周波数によって数十pF〜100pFくらいのものが使われます。

今までいくつかの発振回路を紹介してきましたが，これらはみんなC-MOS ICを使ったものでした。そこで，どうしてTTL-ICのものを紹介しないのか不思議に思われるかもしれません。

もちろん，TTL-ICでも発振回路は作れるのですが，C-MOS ICに比べると部品の数も多くなり，複雑になってしまいます。そこで，簡単に作れるC-MOS ICのほうだけを紹介したというわけです。

これで，実際のエレクトロニクス製作を行うにはなんの不便もありません。

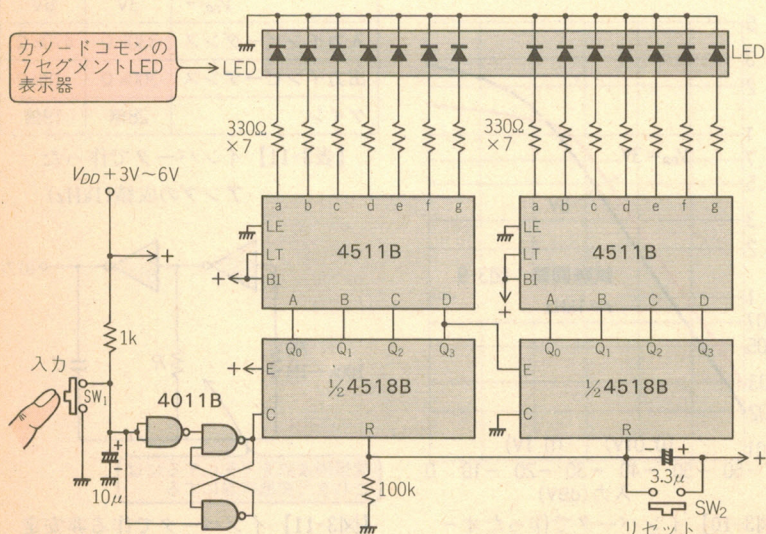
ワンショットマルチ

手動のスイッチでパルスを入力したときのひげ取りや，トリガパルスを作る，あるいは簡単なタイマを作るときに便利なのが，ワンショットマルチです。

図3-15は，私が愛用しているワンショットマルチの回路です。この回路ではtはRとCで決まり，Rを1MΩ，Cを1〜10μF（図3-12の無極性のものが必要）とすると，tは数秒間になります。もし幅のせまい（tの短い）トリガパルスが必要なのなら，Rを10kΩ，Cを0.01μFというように選びます。

カウンタ/デコーダ

カウンタやデコーダにもいくつかのものがありますが，ここでは以前にある目的で作った2桁のカウンタの回路を紹介してみることにしましょう。

図3-16がその回路で，入力はS

【図3-16】2桁のカウンタの回路図

W_1から指で押して入れるようになっています。4011Bでできているフリップフロップは，入力パルスのひげ取り用です。

カウンタには，BCDアップカウンタが2個入っている4518Bを使っています。ですから，2桁のカウンタならカウンタ用のICは1個ですみます。

4511BはBCD-7セグメント・ラッチ/デコーダ/ドライバで，これでいきなりカソードコモンの7セグメントLED表示器をドライブできます。

リセットスイッチを押すと，それまでの表示がクリアできます。

ではもう1つ，デコーダ内蔵のカウンタを紹介してみることにしましょう。それは10進カウンタの4017B(10出力)と8進カウンタの4022B(8出力)で，4017Bのほうで説明してみることにします。

【図3-17】デコーダ内蔵のカウンタ4017B

カウントの条件：CLOCK が立ち上がりで $\overline{CLOCK\ ENABLE}$ が L、または CLOCK が H で $\overline{CLOCK\ ENABLE}$ が立ち下がり

カスケードにつなぐとき以外は不使用

Lレベルでカウント，Hレベルにするとリセットされる

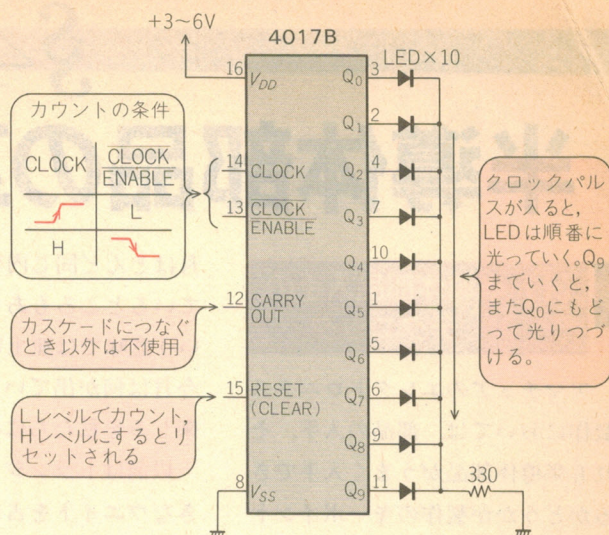
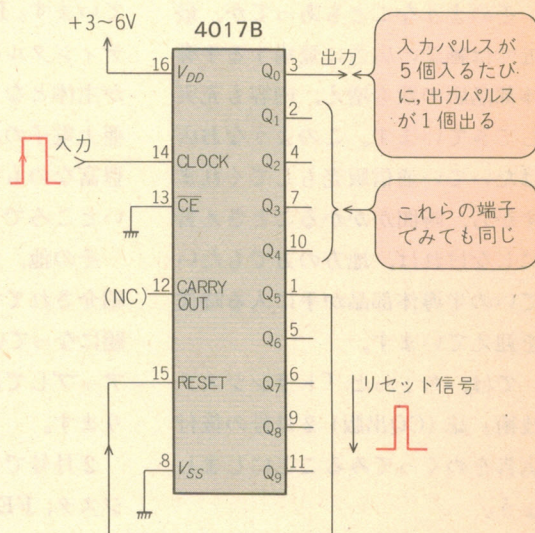
クロックパルスが入ると，LEDは順番に光っていく。Q_9までいくと，またQ_0にもどって光りつづける。

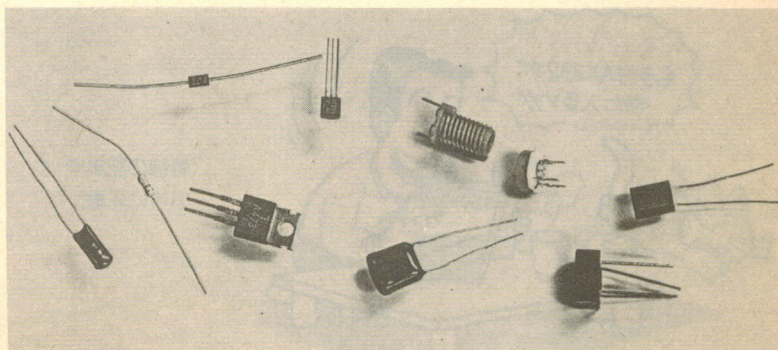
【図3-18】5分周カウンタの例

入力パルスが5個入るたびに，出力パルスが1個出る

これらの端子でみても同じ

図3-17は4017Bの使い方を示したもので，ピン14のCLOCKとピン13の$\overline{CE}$を使い分けることにより，入力パルスの立ち上がりでカウントさせることも，また立ち下がりでカウントさせることもできます。

このカウンタでは入力パルスが1つ入るごとに出力が1つずつ移っていきます(図1-11参照)。そこで，図3-18のように出力端子を使ってリセットをかけると，N分周カウンタが作れます。図3-18は5分周カウンタの例で，入力に6個目のパルスが入ってQ_5がハイレベルになった瞬間にリセットがかかり，Q_0にもどります。

なお，この場合にはQ_6～Q_9は遊びとなります。Q_1からQ_4は入力パルスが入るごとに順番にハイレベルになっていきますから，場合によっては使い道があるでしょう。

§4

半導体部品の互換と入手法

(1) 半導体部品入手のテクニック

アマチュアのエレクトロニクス製作においては，部品の入手，それも半導体部品がうまく入手できるかどうかが製作のキーポイントになることが多いものです。

そのようなこともあってか，最近では雑誌の広告に登場する半導体部品店の数も増え，内容も充実してきています。このようなお店はたいてい通信販売もしてくれますから，時間がかかることさえ苦にしなければ，地方の方でもたいていの半導体部品が手に入る時代を迎えています。

では，ちょっと「トランジスタ技術」誌（CQ出版）2月号の後付広告をめくってみることにしましょう。

まず，508ページをめくると，おなじみの亜土電子工業が出てきます。亜土電子の広告は月によって内容が変わり，過去にはトランジスタとICが交互に広告されたこともありました。お店によっては毎月ほとんど同じ内容の広告を出しているところもありますが，そういう意味では亜土電子の広告は，今月は何が出ているだろうという楽しみを私たちに与えてくれます。

以前はトランジスタの広告が大きなウエイトを占めていたのですが，最近ではICが主体となってきています。ICといえばディジタル，ディジタルの中でもマイコン関係が主体となっている昨今ですが，亜土電子の広告には，リニアICが豊富なのもアマチュアにはうれしいところです。

その他，センサなどもいろいろ紹介されていますし，そのとき話題になっているICを特別にピックアップして広告していることもあります。

2月号ではダイオード，トランジスタ，FETは広告されていませんが，このあとどの号かで出てくることでしょう。

ちょっとページをめくると，大阪の三協電子部品が出てきました。関西地方から西にお住まいの方には，便利なお店でしょうね。

〈雑誌の記事や広告に注意〉

亜土電子と共に半導体部品の宝庫といえるのが，526ページの若松通商です。ディジタルICやリニアICはもとより，高周波高出力用のトランジスタやパワーモジュールなどもたくさん紹介されており，亜土電子と共に見ていてあきない広告です。

アマチュアのエレクトロニクス製作に必要な半導体部品といえば，亜土電子か若松通商でまず買えるはずで，もしこれらのところで手に入らなければよっぽど特殊なものといえます。

そのほか，ページをめくっていくとおなじみの秋月電子通販とか光南電気，藤商電子，小沢電気，東名電子，清水電気などがあり，小沢電気はトランジスタが豊富です。ほかでは入手のむずかしい三菱のトランジスタも，小沢電気だと入手できます。

ではここで，半導体部品の入手についての基本的な考え方をお話ししておきましょう。このように雑誌の広告のことをお話したのは，広告に出ている品物ならばまず間違いなく手に入れることができるということです。半導体部品の場合には，この″確実に手に入る″ということがとても大切で，その情報を得る手段として雑誌の広告はアマチュアにとって唯一無二の資料といってもいいでしょう。

そのようなわけで，雑誌に紹介されている半導体部品店のカタロ

グ広告は，地方の方が通信販売を利用するときだけではなくて，東京・秋葉原や大阪・日本橋の半導体部品店に直接買いに行く場合でも，事前に目的のデバイスの在庫の有無を確認する意味で見ていくとスムーズに買い物ができます。

亜土電子や若松通商のお店に行って見ていると，ショーウインドの中をのぞきながらうろうろと目的のICをさがしている人に出会うことがあります。

こんなときには，ためらわずにお店の人に〝○○はありますか〞と聞くべきなのですが，さらに事前に雑誌の広告で目的のICがあることを確認しておけば，いきなり〝○○をください〞といえるわけです。そんなとき〝○○はありません〞といわれたら，〝ちゃんと広告に出ていますよ〞といってみましょう。人気のあるICなどは，広告には出ていても品切れになっていることもありますが，広告を見ていることがわかれば，お店の人の対応もきっと変わってくるはずです。

ケースバイケースでの対応

アマチュアのエレクトロニクス製作では，半導体部品の互換，特にトランジスタの互換のことが問題になることがあります。トランジスタの互換というのは，たとえば東芝の2SC1815のかわりに日電の2SC945は使えるのか？ といったことです。

では，半導体部品の互換の問題を，

①すでにできあがっている回路図どおりに作る場合
②自分で回路を設計して作る場合

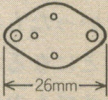
に分けてお話してみましょう。

まず，①は雑誌の製作記事などを見て何かを作る場合です。この場合には，回路図に示されているトランジスタなど，指定されている半導体部品をきちんと使うのが基本です。それは，その製作記事はそこに書かれている半導体部品を使ったときにはうまくいくことが保証されていますが，他の半導体部品を使った場合にはうまく働くという保証はないからです。

そのようなわけで，3端子レギュレータとか汎用のオペアンプ，それにディジタルICのように完全に互換性が保証されているものでない限り，互換を考える前に指定されたとおりの部品をなんとか手に入れるべく，最大限の努力をするべきでしょう。

その点，特に初心者向けの記事では部品の入手についても考慮されており（特殊な部品は使わないようにするとか，入手のむずかしい部品の場合には入手先や入手法が紹介されている），半導体部品を扱うお店も多くなってきていますから，よほど古い単行本ででもない限り部品を入手できないということはないはずです。

でも，過去にこんなこともありました。たしか，東京・大田区に住んでいる方から電話があり，『うちの息子が「自作派ハムの付加装置」（日本放送出版協会刊）の中の50MHz用のブースタアンプを作りたいというので秋葉原にトランジスタを買いに行ったのだが，2SC517は在庫がないといわれた。

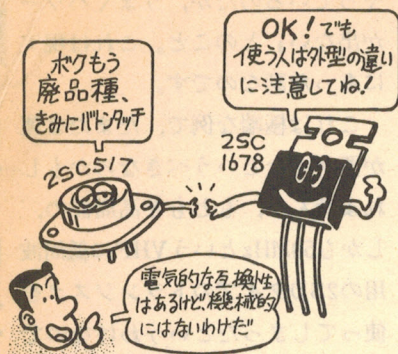
そこで，代わりのものを「最新トランジスタ互換表」（CQ出版社刊）でさがしてもらったら，2SD78だというので，それを買ってきてやっているのだが，うまくパワーが出ない』とのこと。これは現実にあった話なのです。

これは極端な例で，たまたま運が悪かったというべきなのかもしれませんが，もともと高周波の，しかも50MHzというVHFに低周波用の2SDタイプのトランジスタを使ってしまったというわけなのです。

それでも，2SD78のf_Tは50MHzありますから，7MHzや14MHzであればけっこう働いたのかもしれません。ちなみに，2SC517のf_Tは300MHzです。まあ，普通であれば2SC517と2SD78は互換性があったのかもしれませんが，この例ではNGだったというわけです。

ではここで，もう少し2SC517と2SD78の2つを比べてみることにしましょう。

表4-1は，「最新トランジスタ規格表」に示されている2SC517と2SD78の規格の一部を書き出してみたものです。

		2SC517	2SD78
メーカー		東芝	日電
用途		PA	PA, SW
最大定格	V_{CBO}	60V	100V
	V_{EBO}	4V	12V
	I_C	2A	2A
	P_C	10W (T_c=25°C)	1W (T_a=25°C)
電気的特性	h_{FE}	10〜140	80
	f_T	300MHz	50MHz
	C_{ob}	25pF	—
	$r_{bb'}$	10Ω	—
外型		97B (26mm)	84B (9φ)
備考		—	2SB504とコンプリ

【表4-1】2SC517と2SD78の比較

まず用途ですが, これは2SC517はRFのPA, 2SD78はAFのPAにスイッチングとみるべきでしょう。前にお話した例は, ここですでに結論が出ていたことといってもいいでしょうね。

最大定格ではP_Cの値が違っていますが, これは条件の違いによるものです。でも, 外型からみても2SC517のかわりに2SD78を使おうとすると, 2SD78のほうがちょっと小さいように感じられます。

電気的特性では, まずf_Tが6倍ほど違います。また, 高周波用であればC_{ob}やr_{bb}'の値が重要なわけですが, 2SD78の場合には低周波用ですから, この値は示されていません。

そして外型と備考ですが, 外型はまったく互換性がなく, 備考も2SD78が低周波用であることを示しています。

トランジスタの互換表は雑誌の記事や付録, 単行本の参考資料などに付けられていることもありますが, 今までお話してきたことはいろいろな互換表を利用する場合の心がまえといったものを表しているということになるでしょうか。互換表はあくまでも参考資料であり, 最後の責任はやはり私たちにあるということを認識して活用すべきものといえるでしょう。

では最後に, 廃品種になった半導体部品の入手法についてお話してみましょう。

これは半導体部品に限らないのですが, 新製品があとからあとから発表されるせいか, 一部のものを除いて部品の寿命は短くなっており, どんどん廃品種になっていくのには本当に泣かされます。

でも, メーカーに問い合わせてみたとき廃品種だといわれたとしても, だからといってすぐに入手できなくなるというわけではありません。

お店に買いに行く人も, 通信販売を利用する人も, 雑誌の広告を見るなり半導体部品店に電話するなりして, まず在庫の有無をたしかめましょう。このとき, 1つの広告, 1つのお店への電話だけであきらめてはいけません。これはなにも廃品種に限ったことではないのですが, あるお店でたまたま在庫切れになっていてもほかの店には在庫している場合もあるので, 複数のところにアタックしてみるのがうまい手です。

実は, 今までの例でも, メーカーは廃品種にしたのに, 店ではずっと売られつづけていたものもあります。これは, お店が在庫をたくさん持っていたからとか, あるいはどこかの組み立て工場から放出されたとか, 代理店が大量に持っていたといったような理由によるのでしょうが, 廃品種になったものでもかなり長い間入手可能なものもあります。

でも, 役目が終わって廃品種になったもの(たとえば, §2でお話したレギュレータ用ICのTA7084AMのようなもの。3端子レギュレータが登場して役目を終えた)を除けば, たとえばトランジスタなどは廃品種になってより性能のいいものに置き代わっているのでしょうから, そのような場合には廃品種をおいかけないで, 新しい性能のいいものを使うようにすべきでしょう。

こうなると, たとえばトランジスタの互換ということになるのですが, 前に例にあげた2SC517などは, その後, より性能のいい高周波高出力トランジスタが発表されていますから, ぜひ新しいものを使うべきだといえます。

ただし, 新しく発表されているトランジスタ, たとえば2SC1678といったものは外型が違いますから, 2SC517を使った製作記事に発表されているプリントパターンは使えなくなり, 自分でプリントパターンや放熱器の実装法などを設計しなおさなければなりません。

最後のほうでお話したことは, ②の自分で回路の設計をして作る場合にあてはまることです。自分で設計する場合には常に新しい部品に注目しておき, それを積極的に取り入れていくことができます。

人よりも早く新しい部品を使ってみる…, これはアマチュアのエレクトロニクス製作の楽しみの1つでもあります。

(2) デバイスごとの互換テクニック

ダイオード

アマチュアがエレクトロニクス製作で使うダイオードといえば, 検波用, 整流用, スイッチング用,

それにバリキャップやツェナーダイオードということになるでしょうか。LEDといったものもありますが，ここでは省略します。

まず検波用はゲルマニウムの点接触ダイオードで，昔は1N34が使われていましたが，今では1N60いっぽんやりになってしまいました。これは互換もへったくれもなく，1N60でいきましょう。1N60は，メーカーなど気にせずに入手できます。

整流用も多くの種類がありますが，たとえば100V 1A用といったほうがわかりが早いものです。アメリカの本を見ていると，よく1N4002というのが出てきますが，10D1(日本インター)，1S1885(東芝)などが半導体部品店の店頭でよく見かけるものです。

ブリッジに組んだものとなると，よく使われるのはW02(200V 1A)で，東芝の1B4B41や1B4B42も同じように使えます。ただし，1B4B41はW02と外型が違います。

スイッチング用では1S953(日電)や1S1555(東芝)が一般的で，どちらも同じように使えます。互換をするときに，迷う必要はありません。

…と具体的な型名をいくつか出してきましたが，これらは半導体部品店の店頭に並んでいて，手にとって買えるという意味なのです。ダイオード規格表で選び出しても入手できないものでは，エレクトロニクス製作では意味がありません。

バリキャップはちょっとやっかいで，品種が少ないということもあるのですが，用途がまったく同じといったもの以外はあまり互換の対象にしないほうがいいでしょう。特に，ラジオの電子同調用のバリキャップでは，互換をする場合には動作電圧に注意が必要です。具体的には低電圧用と高電圧用があり，これを間違えるとうまく働きません。

最後にツェナーダイオードですが，これは十分に互換が可能です。このときチェックしなければならないのは，ツェナー電圧のほかに許容損失です。何ボルトで何ワットというように指定すれば，メーカーが違っても同じように使えます。

トランジスタ

トランジスタについては前項で例をあげて互換の失敗例をお話ししましたが，この失敗を教訓にすれば互換はかなり可能です。

まず，「最新トランジスタ互換表」(CQ出版社刊)は他の規格表と同じく年度版で発行されており，互換の場合の1つのいい指針になります。ただし，そこから得られた情報を使うにあたっての責任は自分で持つつもりでやらないと失敗することは，前項の例で紹介したとおりです。

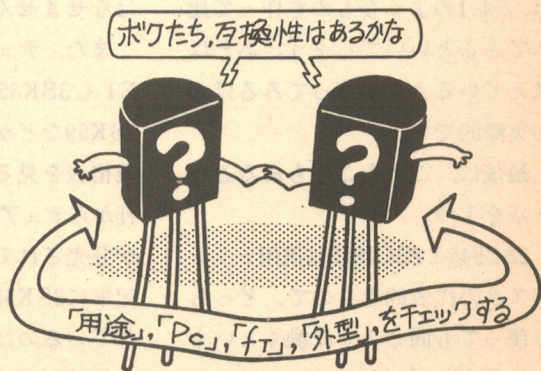
では次に，2SC517の代わりに使えるトランジスタを自分でさがす方法を紹介してみることにしましょう。

その場合の最初の仕事は，2SC517の素性調べです。この場合，調べる項目は必要なものだけにしぼったほうがよく，具体的には「用途」「P_C」「f_T」「外型」といったものでいいでしょう。これは表4-1にみんな含まれています。

では，これらの値をたよりに，規格表の中から互換性のあるトランジスタをさがし出してみましょう。その場合のさがし方ですが，もちろん2SCタイプの中で，しかも最後のほうから前に向かって見ていきます。その理由は，もうおわかりですね。これから新しく使おうというのに，性能も悪く，廃品種になっている可能性の高い古いものからさがすことはありません。

このようにさがし始めて，使えそうなものがみつかったら，その型名と社名をどんどんメモしていきましょう。

ここで，ちょっと問題があります。それは，こうしてピックアップしていっても，そのトランジスタが入手できなければ意味がありません。

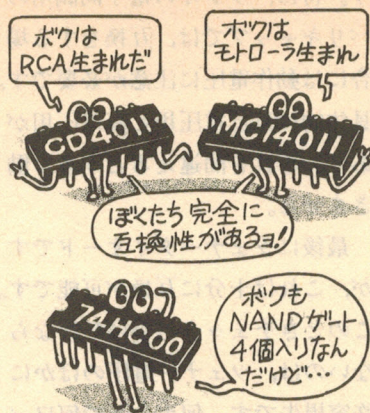
そこで，入手できるかどうかの見分け方ですが，まずメーカーに

よってこれが違ってきます。普通ですと，私の体験では東芝，日電といったメーカーのものはたいていの半導体部品店に用意されていますが，三洋電機とか松下などはあまりないようです。三菱は，お店によってはかなり置いてあります。まあ，こんなことも頭に置いておきながら，ピックアップをつづけます。

こうして選び出したのが，たとえば2SC2078(三洋)，2SC2075(東芝)，2SC2029(富士通)，2SC1678(東芝)といったものですが，私は2SC517の後継品種としては入手が容易で安価な2SC1678を，その後の50MHz用ブースターアンプで使っています。

今紹介した例は，高周波高出力用トランジスタで互換のむずかしいものだった(そのため，使える品種も少なかった)のですが，普通の用途であれば前にお話したいくつかの項目でさがしていけば，けっこう互換性のあるトランジスタがみつかることでしょう。

なお，アマチュアの場合には互換性のあるトランジスタをさがすというよりも，むしろ自分の持っているものが代わりに使えるかどうか知りたいということのほうが多いかもしれません。その場合には，表4-1のようなものを作って比べてみるといいでしょう。あとは，考えているよりは使ってみるほうが実際的です。

最後に，こんなこともあるという話を1つ。

2SC945と2SC1815は汎用トランジスタの代表的なもので，どっちを使っても同じように働くというのが常識で，事実そうだったのですが，あるときちょっと変わった犬の鳴き声を出す発振器を作ったところ，2SC945でうまくいっていたのが，2SC1815でやったらうまくいかなかったという体験もあります。こうしてみると，やはり100%の互換というのはないということなのでしょうね。

電界効果トランジスタ

電界効果トランジスタ(FET)は，トランジスタよりもひんぱんに品種が入れ替わるようで，互換の機会は多くなります。

ひと頃全盛を誇った2SK19は，その後2SK61となり，これが2SK161になったと思ったら，今では2SK192を使うようにといわれたり，一方では2SK19が2SK19TMとなって復活したりと，まったく目がはなせません。

また，デュアル・ゲートMOS FETも3SK35に始まって3SK47，3SK59などが使われてきました。規格表を見ると，このほかにも各社からデュアル・ゲートMOS FETが発売されているのですが，製作記事に3SK35や3SK59がよく使われているのは，ひとえに，これらのFETが半導体部品店の店頭にたくさん並んでいるからです。

このうち3SK35は，今では廃品種となっており，3SK59が主流となっているようです。

しかし，200MHz以下で使用するのであれば3SK37(ソニー)，3SK39(松下)，3SK40(日電)，3SK45(日立)，3SK49(松下)，3SK59(日立)，3SK60(日立)，3SK61(ソニー)，3SK63(東芝)といったものは外型もみな同じ(キャン・タイプ)で，互換性があると思ってもいいでしょう。

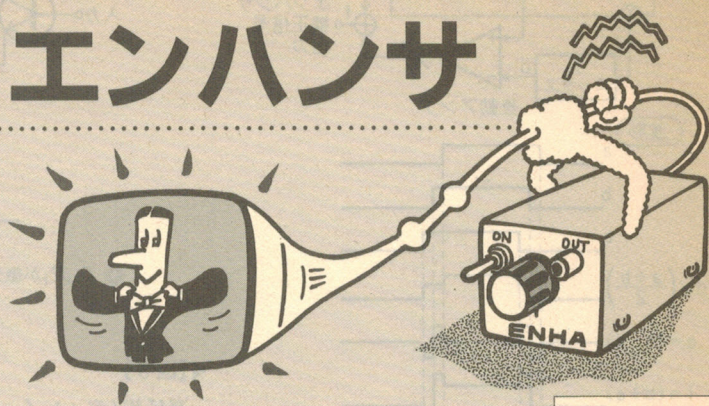
リニア／ディジタルIC

ICの場合には，トランジスタやFETと違って，互換性のあるものとないものがはっきりしています。

ICについては§2と§3ですでにくわしくお話しましたが，要するにセカンドソースのあるものは，どこのメーカーのものでも完全に互換性があります。また，セカンドソースがたくさん作られているICは入手も容易です。

次にセカンドソースがない場合ですが，この場合にはリニアICではまったく互換性がないといってもよく，多くの場合，同じ機能を持ったものでも設計のやりなおしをしなければなりません。

一方，ディジタルICの場合にはリニアICの場合より楽で，たとえば，4000BシリーズのNANDゲートの代わりに74HCシリーズを使いたいとなればピン接続だけをチェックすればよく，設計をやり直すまでの必要はありません。

エンハンサIC NJM2209を使った ビデオ・エンハンサの製作

西田 和明

最近のビデオ機器の技術革新には，目を見張るものがあります。

カメラ，VTR，ディスプレイ，周辺機器……など，それぞれグレードアップされ，マニアを喜ばせています。

プロ機並みの機能や性能が，すぐ手に出来るというのは，やはり時代のおかげかもしれません。

今回の製作は，ビデオ周辺機器として一番人気のある，エンハンサ(輪郭補正器)です。映像の輪郭を強調して，クッキリした画面にするものですが，シンプルな回路構成をポイントにしています。

休日のひとときに，簡単な実用セットの製作は，あなたのよき頭の体操と言えるかもしれません。

●エンハンサとは

ビデオ信号を増幅したり，処理したり，また録画して再生したりすると，ビデオ信号の高域部分が減衰してしまい，ディスプレイに出る映像は，ぼけたような，ベタとしたものになります。

ここで失ったビデオ信号の高域部を補正してやると，原信号に近い，シャープなクッキリとした画質の映像が得られます。

この高域部補正をするものがエンハンサです。一般的には「輪郭補正器」と呼んでいますが，とどのつまり，ビデオ信号を高域補正する処理器にほかなりません。

●エンハンサの効果

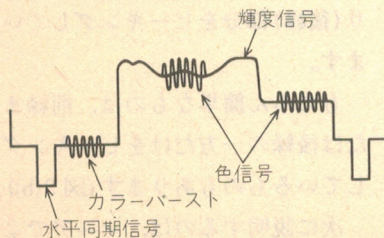
ビデオ信号の成分を見ると，図1に示すように，明るさを受け持つ輝度(ルミナンス，またはルマと呼ばれるもの)成分と，カラー成分(クロマと呼ばれるもの)で構成されています。

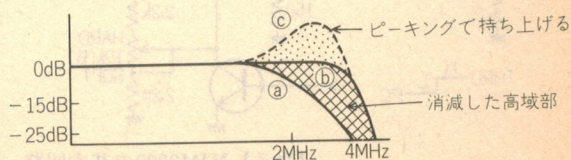
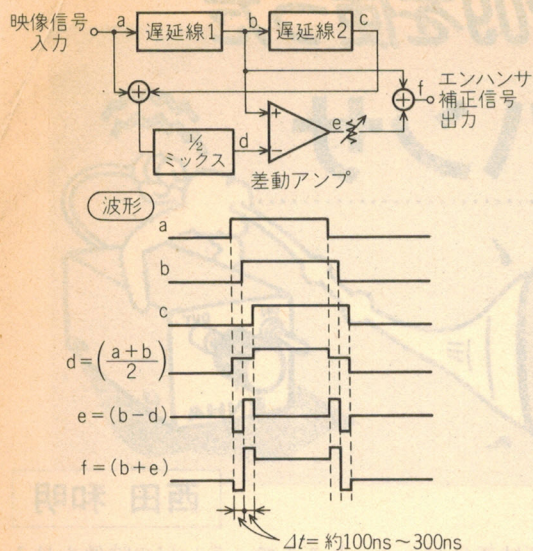
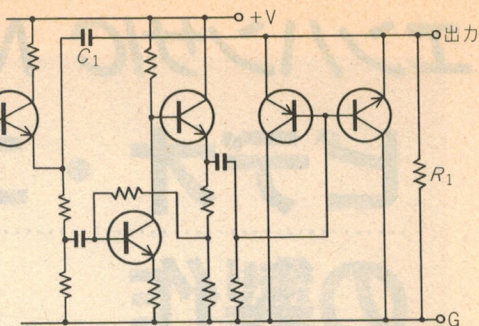
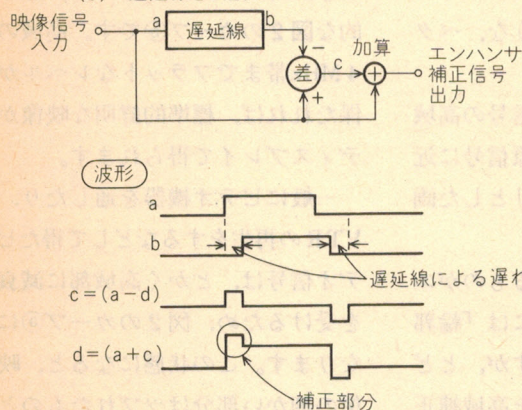
映像のシャープさを決めているものは，黒と白の明るさをたずさわる輝度信号成分です。

ところで，テレビの映像を見るとき，鮮明に見えるものは，標準的な図2のカーブⓑです。高域の4MHz帯までフラットなレベルが保たれれば，標準的鮮明な映像がディスプレイで得られます。

一般にビデオ機器を通したり，VTRの再生をするなどして得たビデオ信号は，とかく高域部に減衰を受けるため，図2のカーブⓐになります。この状態になると，映像の細かい部分はツブれたものとなり，シャープさの欠けたものとなります。

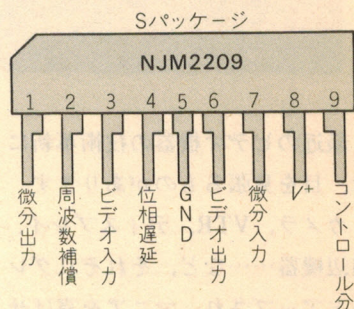
ここで，輝度信号成分の2MHzから4MHzあたりに対して，減衰を補正するため，ピーキングして信号を持ち上げてやると，消滅した高域部が補われ，キメの細かい画質の映像が得られるわけです。

早い話が，暗くては細かな部分が見えない……，そこを明るくしてやれば，細かなところが見える，

【図1】ビデオ信号成分

【図2】
高域特性の変化

【図4】微分方式のエンハンサ

◀【図3】遅延線(ディレイライン)によるエンハンサ

▶【図5】NJM2209の外形と端子説明

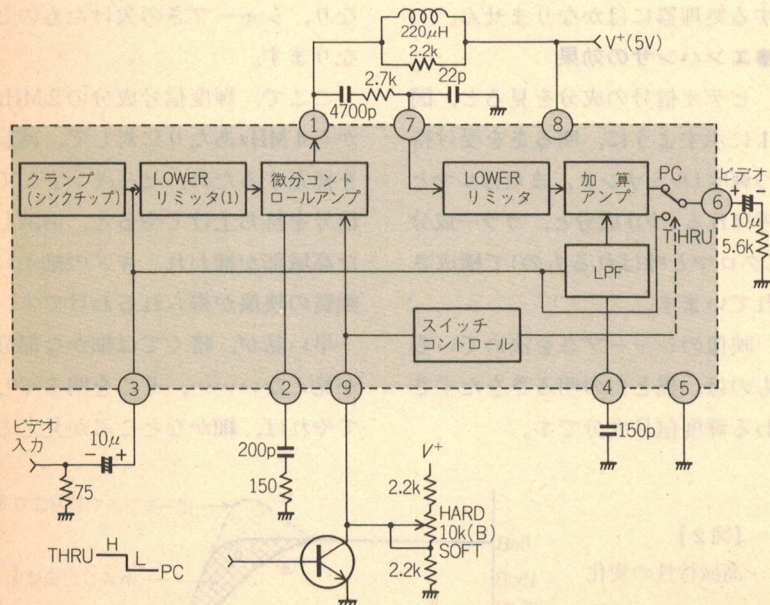
【図6】NJM2209の基本回路

すなわちシャープになるということです。

これがエンハンサの一番の効果と言えるかもしれません。

●エンハンス方式のいろいろ

画質補正のエンハンス方式として，いろいろなタイプがあります。プロ機には，ディレイライン(遅延線)を使用して，輝度信号成分の前縁や後縁をとんがらせて，映像の輪郭を強調できるようにしたものがほとんどです。図3にそのシステムの概要を示します。入力信号とディレイラインで遅らせた信号を加算，減算処理をして，入力信号の立ち上がり(前縁)と立ち下がり(後縁)部分をピーキングしています。

もちろん簡単なものは，前縁または後縁の一方だけをピーキングしているものもあります(図3(b))。

次に説明するのは，マニアでよく使用されるC，Rの時定数回路

■最大定格（T_a=25°C）

電源電圧	V^+	8V
消費電力	P_D	500mW
動作温度	T_{opr}	−20〜+75°C
保存温度	T_{stg}	−40〜+125°C

■推奨動作条件

電源電圧範囲	V^+	4.5〜5.5V

■電気的特性（V^+=5V, T_a=25°C）

項目		記号	信号入力ピン	測定ピン	CONT電圧(V_C)	測定条件	最小	標準	最大	単位
消費電流		I_Q			2.8V	入力無信号時	−	7.5	10	mA
リミッタレベル (1)		LIM1	IN-3	TP-2	−	SYNCレベル>0.35V, ビデオ信号を入力	0.23	0.27	0.31	V
リミッタレベル (2)		LIM2	IN-7	TP-6	−	f=100kHz, 1$V_{P\text{-}P}$正弦波入力	0.21	0.25	0.29	V
コントロールアンプ利得	H	G_H	IN-2	TP-1	2.8V	f=100kHz,	−2	−0.9	0	dB
	M	G_M	IN-2	TP-1	1.3V	0.1V_{rms}正弦波入力	−12	−10	−8	dB
	L	G_L	IN-2	TP-1	0.45V	$G=20\log_{10}\frac{V_{OUT}}{V_{IN}}$ (dB)	−	−	−28	dB
加算アンプ利得	⑦ピン入力	G_7	IN-7	TP-6	2.8V	f=100kHz, 200m$V_{P\text{-}P}$正弦波 $G=20\log_{10} V_{OUT}/V_{IN}$	−1.6	−0.6	0.4	dB
	③ピン入力	G_3	IN-3	TP-6	2.8V	1$V_{P\text{-}P}$ビデオ信号入力(dB) $G=20\log_{10} V_{OUT}/V_{IN}$	−1	0	+1	dB
スイッチクロストーク		C_{SW}	IN-4	TP-6	2.8→0V	f=2MHz, 1$V_{P\text{-}P}$正弦波 C_{SW} (dB) $=20\log_{10}V(0V)/V(2.8V)$	−	−50	−	dB
スルー時利得		G_T	IN-3	TP-6	0V	1$V_{P\text{-}P}$ビデオ信号入力(dB) $G_T=20\log_{10} V_{OUT}/V_{IN}$	−1	0	1	dB
スイッチコントロールスレッシホールド電圧		V_{TM}	IN-4	TP-6		f=100kHz, 1$V_{P\text{-}P}$正弦波入力 $-40\text{dB}=20\log_{10} V_{OUT}/V_{IN}$	0.2 −	0.3 −	0.4 −	V −
微分利得	画質補正時	DG_{PC}	IN-3	TP-6	2.8V	DGDP測定メータ ビデオ信号1$V_{P\text{-}P}$	−	1	3	%
	スルー時	DG_T	IN-3	TP-6	0V	（ステアステップ）	−	0	3	%
⑥ピン電圧	画質補正時	V_{6PC}		TP-6	2.8V		−	1.8	−	V
	スルー時	V_{6T}		TP-6	0V		−	2.0	−	V

【表1】NJM2209の定格

を使った微分方式で，安価な入手しやすい部品の構成で出来るため，人気があります。**図4**に代表的な回路例を示します。入力信号の前縁部をピーキングするものが一般的です。ハイパスフィルタと呼ばれますが，単なる微分回路にほかなりません。

微分方式も，やはり入力信号(原信号)と微分で強調した部分を加算(合成)して，補正付き信号にしています。

●エンハンサICの特徴

今回使用したICは，新日本無線㈱製のNJM2209と呼ばれるものです。

SIPタイプの9ピンICで，安価な点，マニアにピッタリです。

図5に外形，端子説明を示します。**表1**にはNJM2209の特性を示します。

動作電源として4.5〜5.5Vの範囲で，消費電流も10mA程度，乾電池を使用したハンディ用として最適といえます。

図6に，NJM2209の基本回路構成を示しましょう。

ビデオ信号が入力端子③ピンに与えられると，エンハンサ部と素通り部の2ルートに分けられます。

まず，エンハンサ部から説明することにします。

入力ビデオ信号は，同期信号をシンクチップ・クランプ(図7に示されるように，入力信号がコンデンサ結合のため，直流分を失っています。したがって，後の処理に影響がでるので，同期信号の先端部を一定の直流電位に引っ張る回路)します。

次に，黒レベルを設定するリミッタを通して，エンハンサの元となる微分回路に入ります。微分波形のツノの出方は，外部ボリュームで変化させることが可能です。

微分波形の発生で高域補正されたビデオ信号は，オーバーシュートなどの悪影響を防止するためのリミッタを通して，2信号を混合する加算アンプの一方に与えられます。

さて，ビデオ入力端子③ピンに与えられたビデオ信号は，そのままのラインとして，ローパスフィルタ(LPF)を通って，加算アンプの一方に入力される場合と，スイッチにより直接に出力端子⑥ピンに接続することが可能です。

もし，スイッチ用⑨ピンのレベルを＋方向電位にすると，エンハ

ビデオ処理IC NJM2220とは

ビデオマニア向けなICがいろいろと市販されており，作り虫にとってはうれしい限りです。応用法を考えてみるだけでも楽しくなってくるのではないでしょうか。

紹介するICは，新日本無線(株)のNJM2220というものです。

このICは，「ビデオ信号判別用IC (Video Sync Detector)」と呼ばれるもので，ビデオ信号の有無を検出するICです。

ビデオ系統がトラブルを起こした場合のアラーム発生とか，またTV放送が終了したとき，ビデオセットの電源をOFFにするなど，使いみちはいろいろ考えられます。

《仕　様》

図AにICの外形とピン接続を示します。9ピンのSIPパッケージです。

表Aに定格を示します。

図BにIC内部の機能を示すブロック図を示します。では，各ブロックの意味について説明します。

■推奨動作条件

電源電圧範囲：4.75～10V

■最大定格（Ta＝25°C）

項　目	記号	定格値	単位
電源電圧	V^+	12	V
消費電力	P_D	500	mW
動作温度範囲	T_{opr}	−20～75	°C
保存温度範囲	T_{stg}	−40～125	°C

■電気的特性（V^+＝5V, Ta＝25°C）

項　目		記号	条　件	最小	標準	最大	単位
消費電流		I_Q		—	8	11	mA
シュミット回路 CAP電圧	H側	$V_{CAP\text{-}H}$		2.07	2.22	2.37	V
	L側	$V_{CAP\text{-}L}$		1.57	1.72	1.87	V
シュミット回路 LOCK電圧	H側	$V_{LOCK\text{-}H}$		2.53	2.68	2.83	V
	L側	$V_{LOCK\text{-}L}$		1.25	1.40	1.55	V
モノマルチ出力幅		W_{MM}		—	25	—	μset
入力スレシホールド・レベル	2p	$V_{TH\text{-}2}$	2ピンにDC電位を与え8ピンにて測定	1.0	1.5	2.0	V
	4p	$V_{TH\text{-}4}$	4ピンにDC電位を与え6または7ピンにて測定	1.0	1.5	2.0	V
	6p	$V_{TH\text{-}6}$	6ピンにDC電位を与え7ピンにて測定	—	0.8	1.4	V
出力電圧 7ピン	H側	$V_{7\text{-}H}$		4.9	5.0	—	V
	L側	$V_{7\text{-}L}$		—	0.1	0.3	V
出力電圧 6ピン	H側	$V_{6\text{-}H}$		3.6	4.0	—	V
	L側	$V_{6\text{-}L}$		—	—	0.1	V
出力電圧 3ピン	H側	$V_{3\text{-}H}$		4.9	5.0	—	V
	L側	$V_{3\text{-}L}$		—	0.1	0.3	V
8ピン直流電圧		V_8	2ピン＝2V	2.9	3.2	3.5	V

〔表A〕定格表

〔図A〕外形，ピン接続

ンサ機能となり，入力するビデオ信号は，微分化したものと加算され，高域部補正したものが生成されます。ローパスフィルタ(LPF)は，ストレートの入力ビデオ信号を遅延させて，高域部補正するビデオ信号の処理による遅れとタイミングをとるためのものです。

では，データブックで指示してあるICの各ピンの機能を紹介します。

●⑨ピン電圧により，補正の量を変えることができ，0Vにすると補正なしの信号出力を得ることができます。

●内蔵の微分アンプは，外付けの②ピンC，R，①ピンL，Rにより，ピーキング周波数補償の量を変えることができます。

●補正信号と加え合わせるビデオ信号は，LPFにより位相遅延さ

【図7】シンクチップ・クランプの効果

〔M.M〕

モノマルチ・バイブレータで，入力同期信号の状態により(信号の乱れ，無信号)出力信号のデューティ比を変化させます。

〔LPF〕

M.M出力信号をDCレベルに変換する回路です。デューティ比が大きいほどDCレベル(⑧ピン電圧)も大きくなります(判別速度時間の短縮のため，DCレベルは $\frac{V^+}{2}+0.7$(V)でクランプされます)。

〔コンパレータ〕

LPF出力のDCレベルにより，信号の有無の判別信号を出力します。ヒステリシスをもたせているため，安定した出力信号が得られます。

〔スイッチ〕

コンパレータ回路からの判別信号，あるいは⑥ピンからの制御信号により，入力同期信号とSSG同期信号の切り替えを行い，③ピン(SYNC OUT)より出力します。

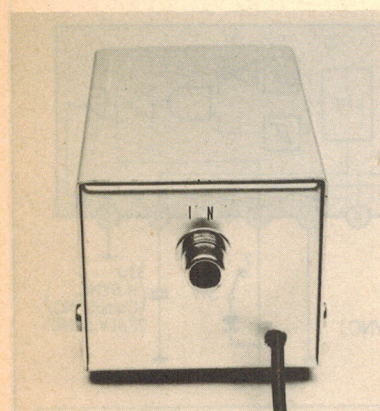
これらの状態を表Bにまとめましたので，参考にしてください。

異常検出の出力はピン⑥と⑦で，正負論理レベルが選択できます。トランジスタなどの種別に応じて使い分けるとよいでしょう。

〔図B〕回路

ピンNo.	内　　容
1	M.Mの時定数を決める抵抗とコンデンサを接続する(2ピン入力同期信号の種類により，定数は変わる)。
2	ビデオ信号より同期分離された同期信号(COMP SYNC, H. SYNC, またはV. SYNC)が入力される。
3	2ピンに入力された同期信号の状態により，2ピンあるいは4ピンに入力された信号のどちらかが出力される。 2ピン入力信号が正常時＝2ピン入力信号が出力 2ピン入力信号が異常時＝4ピン入力信号が出力
4	SSG (Sync Signal Generator)により擬似的に作られた同期信号が入力される。
5	GND
6	2ピンに入力された同期信号の状態により，HまたはLのDC電圧が出力される。また，SWを1にすることにより，強制的に2ピン入力信号が3ピンより出力される。 2ピン入力信号が正常時＝Hレベル 2ピン入力信号が異常時＝Lレベル
7	2ピンに入力された同期信号の状態により，HまたはLのDC電圧が出力される。 2ピン入力信号が正常時＝Lレベル 2ピン入力信号が異常時＝Hレベル
8	M.M平滑用コンデンサを接続する(2ピン入力信号の種類により，定数は変わる)。初期設定は，2ピン信号入力時に2V(V^+=5V)となるように，1ピン外付け抵抗Rを調整する。
9	V^+ 5～9V

〔表B〕機能まとめ表

〈写真１〉完成したビデオエンハンサの外観

〈写真２〉ビデオエンハンサのリヤパネル

〈写真４〉スイッチまわりの配線

【図８】本器の回路

〈写真３〉ビデオエンハンサの内部。とてもシンプルである

れます。

●④ピンに外付けされる容量により，遅延量をあらかじめ設定することができます。

●補正量は①ピン，⑦ピンのカップリング量により，全体のレベルを設定しておきます。

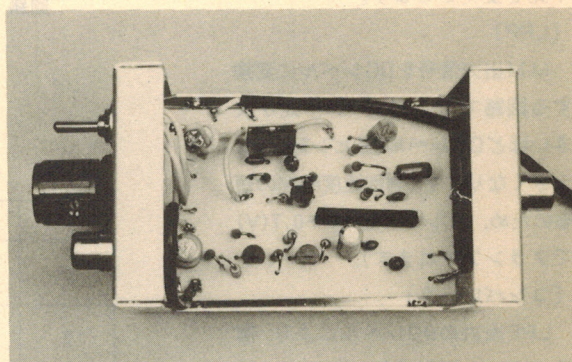
●製作のポイント

では，NJM2209を使用して，『シンプルなエンハンサ』を製作することにします。

図６の基本回路を基にして，図８の回路を作りました。特に出力部は，エミッタホロワのバッファ出力とし，ICの出力に負担がかからないようにしてあります。

また，エンハンサ機能のオン・オフは，外部スイッチで切り替えるようにしてあります。

電源は，4.5Vから5.5Vまで可能ですので，ニッカド電池単三タイプを４個直列で使用すると便利かもしれません。

本製作では，9Vから13.5Vの直流電源が使用できるように考え，5V出力の三端子レギュレータを実装してあります。

部品の実装は，市販の穴あき基板か片面銅はく基板をエッチングして，パターン基板を自作するのもよいでしょう。

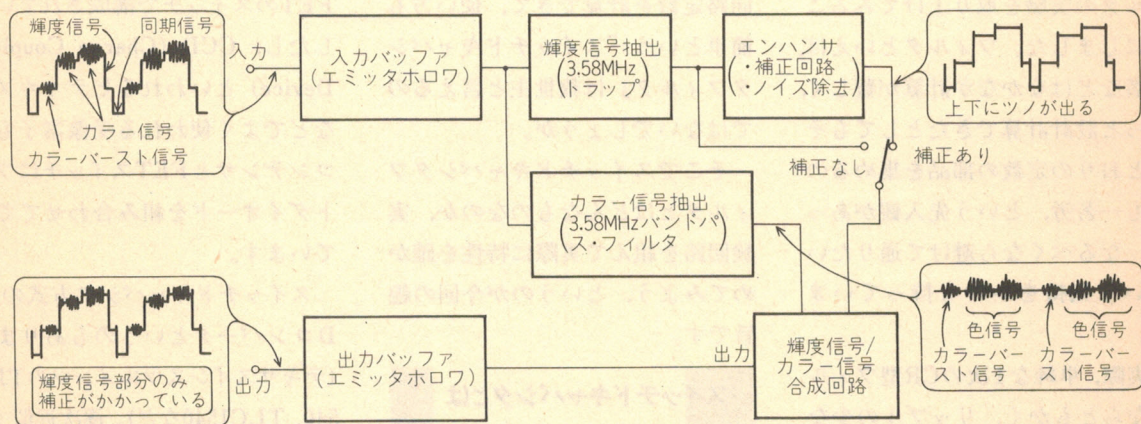
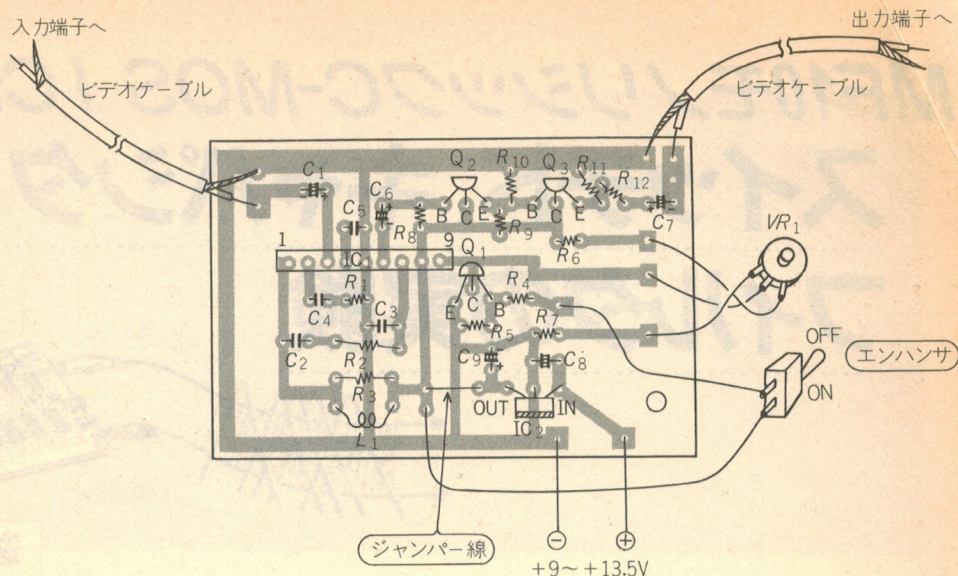
図９にパターン図と実装図を示してありますから，参考にしてください。

写真１～４に，完成した本器を示します。

●チェックをしてみよう

あまりにも回路がシンプルなため，半田付けや部品の実装位置，極性などの確認を除いては，チェックのしようがなく，まことに残念なぐらいです。

図９に示す方法で，エンハンサ

【図9】
プリントパターン
(原寸)とパーツの
取り付け

【図10】本格的エンハンサの構成

機能の働き具合を確認します。あざやかにシャープな画質が得られたなら完成となりますが，不幸にも別段の変化がなかったり，映像がゆがんだり，同期がとれないような場合には，どこか部品の付け間違いがありますから，再度チェックしてください。

本器はたいへんシンプルさをテーマにしており，本格的とは表現しにくい点があります。実用にはなると自負していますが……。

本器の欠点は，輝度信号成分だけを補正せず，カラー信号成分も影響を与えてしまうことです。したがって，カラーバースト部も変化させることになり，エンハンスレベルを低目にすると，バーストレベルが低くなり，画像が白黒になってしまうという結果が生じます。

これを避けるため，本器ではエンハンス効果の領域を狭めて，ソフト方向でのカラーバースト消滅を防いでいます。

狭めたといっても，ソフト方向ですから，シャープ性の影響はないようです。

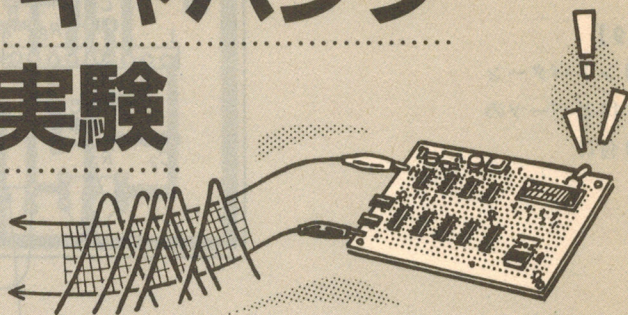
でも，本格的に考えるなら，図10に示すような構成とする方式が一番かもしれません。

すなわち，輝度信号成分とカラー信号成分をフィルタで分離して，最終的に合成するというものです。

また，同期信号でクランプをし，エンハンス効果によるノイズ発生の除去回路を設けるといったものです。

次の機会には，これらの回路を駆使したエンハンサをご紹介したいと思います。

MF10モノリシックC-MOS IC使用

スイッチド キャパシタフィルタの実験

逆瀬川 皓一朗

今回はスイッチドキャパシタフィルタの実験を取り上げてみることにしました。フィルタといえば，筆者などはなかなか計算が難しく，やっと設計計算できたとしてもそのとおりの定数の部品を集めるのにも一苦労，という先入観があって，なるべくなら避けて通りたいという気持をいつも持っています。

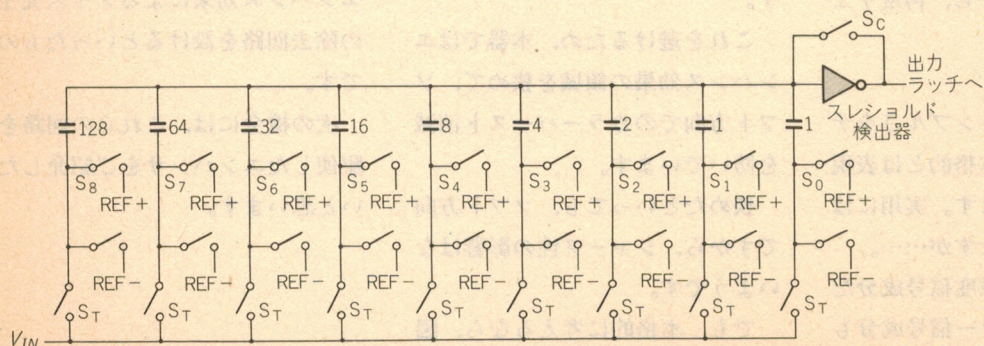
実際，単純な1次のCR型フィルタならともかく，リップルの少ない（平坦な）ものや急峻なカットオフ特性を持つ高次のチェビシェフフィルタとか，××フィルタと名の付くものはまじめに設計するのも，組み立てるのも結構大変です。

このようなフィルタアレルギーを持っている人にとって，簡単に回路定数を計算できて，使い方も簡単という『スイッチドキャパシタフィルタ』は救世主と言えるのではないでしょうか。

そこでスイッチドキャパシタフィルタとはどんなものなのか，実験回路を組んで実際に特性を確かめてみよう，というのが今回の趣旨です。

スイッチドキャパシタとは

ところで電子式スイッチ（MOS-FETなど）とキャパシタ（コンデンサ）を組み合わせて回路構成したICは，最近では結構いろいろなところに使われるようになりました。例えば先月号で紹介した電子式声変わり装置で利用したBBDは1024組ものコンデンサとMOS-FETのスイッチで構成されていましたし，CCD（Charge Coupled Device）といわれるビデオカメラなどでよく使われる受像素子も，コンデンサとFETスイッチにフォトダイオードを組み合わせてできています。

スイッチドキャパシタ方式のA/Dコンバータというのもあります（テキサスインスツルメンツのTLC540, TLC1540など）。逐次近似（比較）型A/Dコンバータでは，従来，抵抗はしご回路（R－2R回路）がその中で使われていましたが，それを図1のようにコンデンサに置き換えたものです。これなどは比較的新しい試みではないでしょうか。

【図1】スイッチドキャパシタA/Dコンバータのバイナリ重み回路

スイッチドキャパシタというのは，このようにスイッチとキャパシタ（コンデンサ）を組み合わせた素子をいうのですが，単なる組み合わせに止まらず，それによって新たな機能が発生するのです。

図2に基づいて説明しましょう。(イ)はスイッチドキャパシタの原理図です。a，bのいずれかに切り替わるスイッチSW，コンデンサC，それに信号源（仮にその端子電圧をEとする）を用意し，図のように接続します。SWはaとbを交互に切り替えるものとし，aの側にあるときはコンデンサCにEの電圧が十分に充電され，bの側になったときにはそれが完全に放電されるだけの時間をとるようにします。そうすると1回の充放電で流れる電荷量Qは$C_{(F)}\times E_{(V)}$ですから，この操作を1秒間にf回繰り返すと平均的にみて$C_{(F)}\times E_{(V)}\times f\,(s^{-1})$の電流が流れることになります。

平均電流という観点ではこれは(ロ)の回路（消費電流はE/R）と等価です。つまり，スイッチとコンデンサで電荷の流れを調節するスイッチドキャパシタは抵抗と同じ働きをすることになります。ただ注目すべきことは，スイッチの切り替え頻度f（周波数）を速くするほど，それに正比例して平均電流も増えるわけですから，見かけ上（イ）の回路は〝fによって可変できる(反比例する)抵抗〟を備えていることになるのです。また，平均電流というとらえ方を気にしなくても済むためには，スイッチの切り替えをかなり頻繁に行う必要があります。

このことを踏まえて(ハ)の回路の動作を考えてみましょう。(ハ)の回路ではスイッチドキャパシタの負荷側（bの側）にオペアンプを用いた積分回路を接続しています。この場合のオペアンプのINVピン（－ピン）は仮想接地点になっていますから，スイッチドキャパシタは(イ)の回路と全く同じ働きをするわけで，時間平均的な見方をすれば(ニ)の回路と全く同じ動作をすることが分かります。すなわち入力信号e_{IN}を$R\times C_{FB}$の時定数で積分する働きがあります。しかもfによってその時定数を自由にコントロールできる積分回路です。

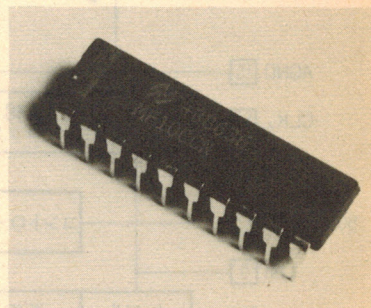
この手法を応用すればカットオフ周波数f_C（あるいは中心周波数f_0）を思いのままに操れるフィルタができることになるのです。

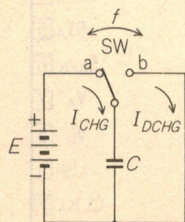
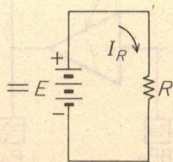
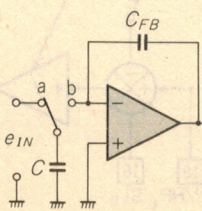
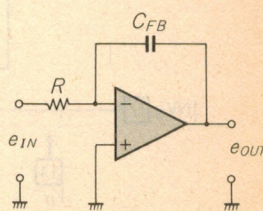
MF10について

このようなスイッチドキャパシタフィルタにナショナルセミコンダクタのMF10があります。ここで実験に供するスイッチドキャパシタフィルタはこのMF10で，**写真1**のような20ピンのDIPタイプのモノリシックC-MOS ICとなっており，1パッケージに2組のフィルタ回路が入っています。

内部構成は**図3**，ピン配置は**図4**のとおりです。ここで∫印の記号はスイッチドキャパシタを含む積分回路を意味しています。

このスイッチドキャパシタフィルタMF10は2～4本の外付け抵抗で，Qなどが自由に設定できる2次のフィルタで，ローパス(LP)，バンドパス(BP)，ハイパス(HP)，ノッチ（N，バンドリジェクトあるいはバンドエリミネートともいう）特性がそれぞれのピンから得られるようになっています。

f_0は内部スイッチを切り替えるクロック（や場合によっては外付け抵抗）で決めることができ，クロック周波数をf_{CLK}とすると，$f_0=f_{CLK}/50$または$f_{CLK}/100$が基本となります。いずれを選ぶかは12番ピンの電圧設定で決められます。ここでは$f_0=f_{CLK}/50$となるようにしてみました。というのはf_{CLK}は1MHzあたりまでは問題なく使え，そうするとf_0は最大20kHzとなり，オーディオ周波数帯域をカバーで

〈写真1〉MF10の外観

【図2】スイッチド・キャパシタの原理

きるからです。

f_{CLK}/100で使う方がより理想的なフィルタ特性になりますが，f_{CLK}/50でも実用上は全く問題ありません。

その他のいくつかのピンの働きについて説明を付け加えておきましょう。

S1はオールパスフィルタの接続（後述のモード6と7の接続を参照）をするときの信号入力に使います。このとき，信号源インピーダンスは1kΩ以下にしなければなりません。

S A/B は内部オペアンプの仮想接地点につながっているスイッチをグランドに落とすか，ローパスフィルタの出力につなぐかの切り替えをするピンです。これによってこのICをいろいろなモードで使えるようになっています。

V_A^+とV_D^+およびV_A^-とV_D^-はそれぞれ正・負電源ピンで，IC内部で一緒になっています。もし単一電源（+10V）で使うときはV_A^-，V_D^-ピンはグランドに接続し，AGND（アナロググランド）ピンは+5Vにバイアスする必要があります。

L Shはレベルシフトピンで，このICを±5Vで動作させ，クロック入力電圧が±5Vでスウィングするときはグランドまたは−5Vに接続します。TTLのように0～+5V間をスウィングするときはグランドに落としてください。また，単一電源（+10V）で動作させるときもL Shピンはグランドに落とします。

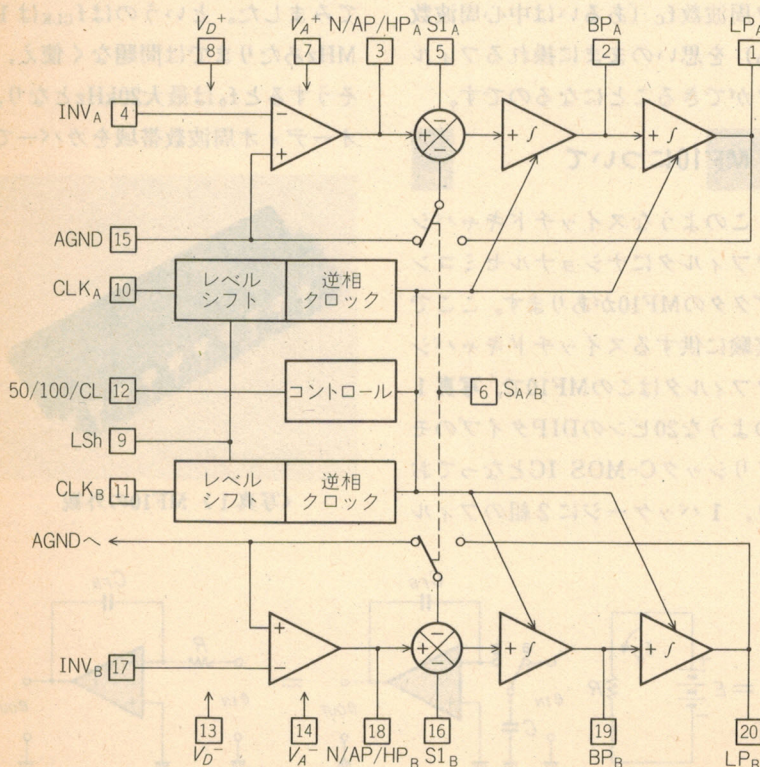
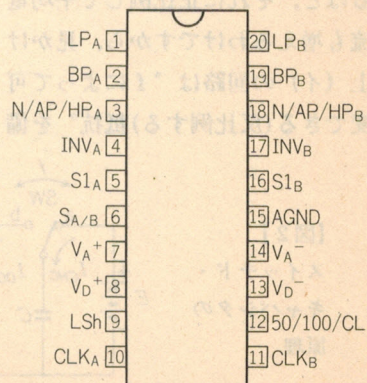
CLKはクロック入力ピンで，TTLでもC-MOSでもドライブできます。クロック周波数が200kHzを超えるときは，内部オペアンプのセトリングタイムが十分に取れるように，デューティ比はなるべく50%に近い状態で使うようにしてください。

50/100/CLはクロック周波数とf_0の比率関係を設定するピンで，HIGHレベルにつなぐと50：1に，グランド（±5V電源の場合。単一電源では+5Vにする）に接続すれば100：1になります。LOWレベル（±5V電源では−5V，単一電源ではグランド）にするとフィルタとして働かなくなります。

なおMF10の電気的特性を**表1**に掲げておきました。

クロック発生回路の製作

MF10の周りにいろいろな抵抗を取り付け，各種のフィルタ特性の実験をするのにはブレッドボード（実験基板）を用意しておくと便利です。それにMF10をさわるだけでは面白くありませんので，**写真2**のような簡単な周波数カウンタ付きのクロック発生回路も製作し，実験に供することにしました。表示周波数は$f_0 = f_{CLK}/50$であることからクロック周波数の1/50が現れるようにしてあります。まずはこの回路から紹介しましょう。

図5にその回路を示します。ICは74HCシリーズ（高速C-MOS）を中心に使用しました。2MHzの水晶振動子を発振させる74HC04以外

【図3】MF10の内部構成

【図4】MF10のピン配置

はふつうのC-MOS ICでも十分使えます。

MF10に供給するクロックは図の左上にあるシュミットトリガで発生させています。数Hzから数10kHzまでの広範囲のf_0が得られるように，4ビットのDIPスイッチで390pFから0.47μFまでの発振コンデンサを1桁ごとに切り替えています。f_0の微調整は20kΩのVR（多回転の精密タイプがよい）で行います。390pFのコンデンサはできればもう10%ほど値の大きいものにしておくと，各周波数レンジの表示数値がよく揃います。

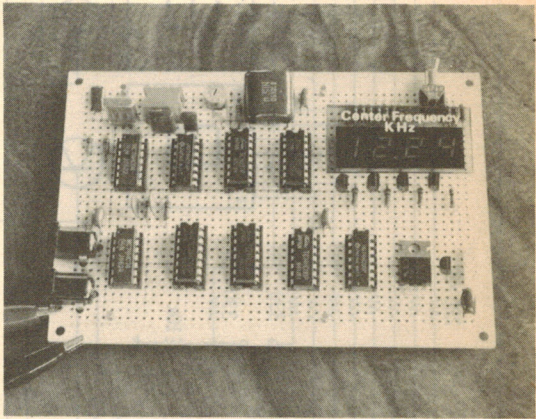
これ以外の回路は，ほとんど全て周波数カウンタとその表示回路です。水晶振動子からディケードカウンタ（74HC390）までの回路で周波数カウンタIC（TC5037P）用の基準クロック（50Hzと500Hz）を作り出しています。

50Hzの基準クロックは周波数カウンタの表示を例えば1.000に，500Hzでは10.00（単位はいずれもkHz）になるようにしたものです。この切り替えはSW_5（小数点の表示位置を選んでいる）によって行います。

TC5037Pは6番ピン（CK）に入ったクロックパルスを数えてくれますが，そのカウント値をラッチ回路に移し，表示回路に出力させるためには5番ピン（TRANS）に最小1μs程度の正のパルスを与えなければなりません。またそのあと直ぐにRESETピン（7番ピン）に正のパルスを入れてカウンタをリセットします。

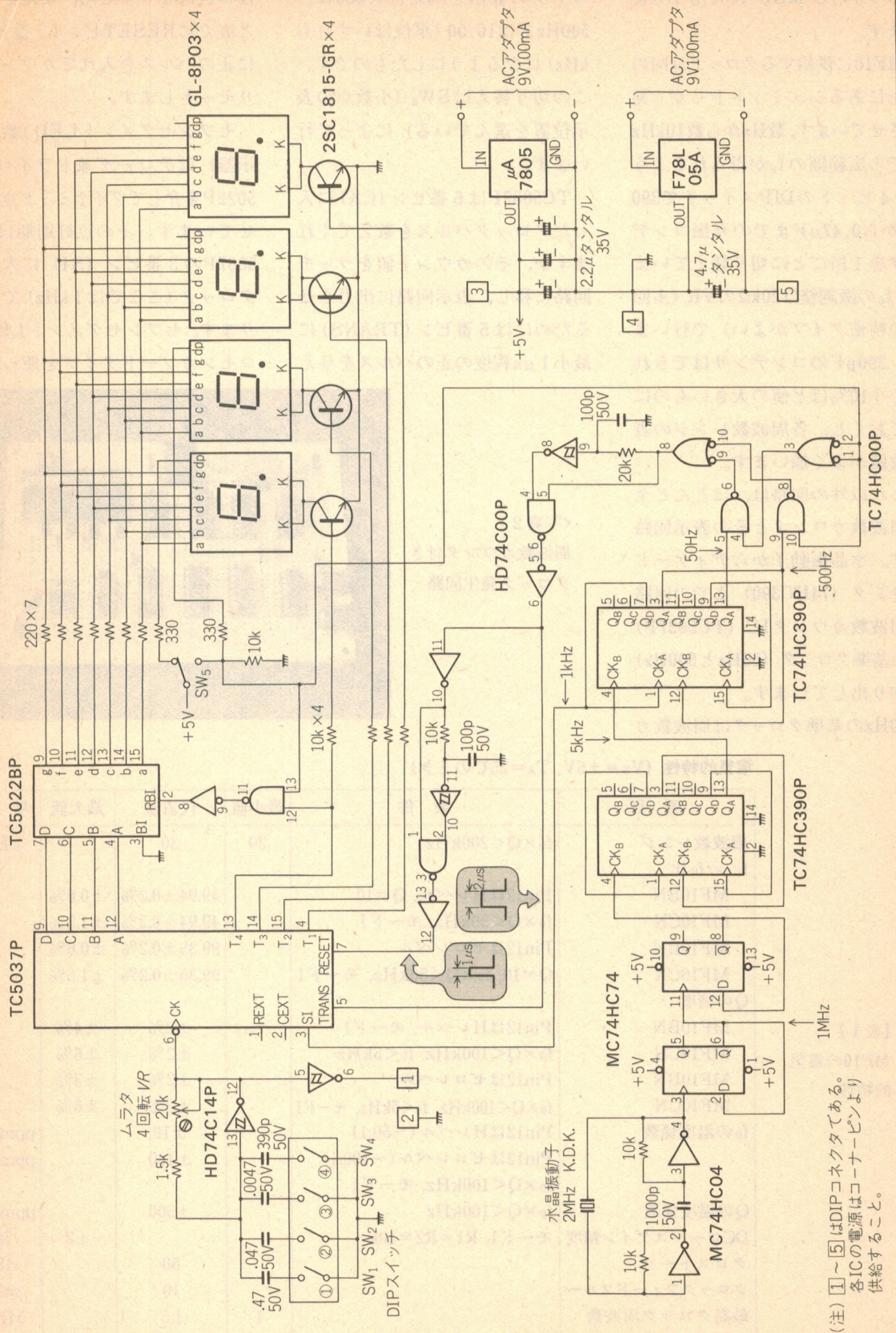
セブンセグメントLED（数字表示器）はデコーダ兼ドライバTC5022Pを介してダイナミック点灯させています。その点灯周期はTC5037Pの3番ピン（SI）に入れるクロック（ここでは1kHz）で決まります。セブンセグメントLEDはコモンカソードタイプを使ってく

〈写真2〉
周波数カウンタ付き
クロック発生回路

【表1】
MF10の電気的特性

電気的特性（V_S=±5V, T_A=25℃のとき）

項　目	条　件	最小値	代表値	最大値	単　位
周波数レンジ	$f_0 \times Q < 200$kHz	20	30		kHz
f_{CLK}/f_0比					
MF10BN	Pin12はHレベル，Q=10		49.94±0.2%	±0.6%	
MF10CN	$f_0 \times Q < 50$kHz，モード1		49.94±0.2%	±1.5%	
MF10BN	Pin12はゼロレベル		99.35±0.2%	±0.6%	
MF10CN	Q=10，$f_0 \times Q < 50$kHz，モード1		99.35±0.2%	±1.5%	
Qの精度					
MF10BN	Pin12はHレベル，モード1		±2%	±4%	
MF10CN	$f_0 \times Q < 100$kHz，$f_0 < 5$kHz		±2%	±6%	
MF10BN	Pin12はゼロレベル		±2%	±3%	
MF10CN	$f_0 \times Q < 100$kHz，$f_0 < 5$kHz，モード1		±2%	±6%	
f_0の温度係数	Pin12はHレベル（~50:1）		±10		ppm/℃
	Pin12はゼロレベル（~100:1）		±100		ppm/℃
	$f_0 \times Q < 100$kHz，モード1				
Qの温度係数	$f_0 \times Q < 100$kHz		±500		ppm/℃
DCローパスゲイン精度	モード1，R1=R2=10k			±2	%
クロストーク			50		dB
クロックフィードスルー			10		mV
最高クロック周波数		1	1.5		MHz
電源消費電流			8	10	mA

(注) 1～5 はDIPコネクタである。
各ICの電源はコーナーピンより
供給すること。

【図5】クロック発生回路および周波数カウンタ

ださい。

これらの回路中の主要なポイントにおける波形を図６に掲げておきました。これは，『ロジアナ98』を使って観測したものです。（ロジアナ98については今月号の製品使用レポート(119～122頁)を参照してください。）

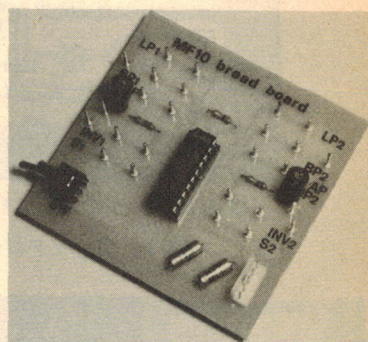
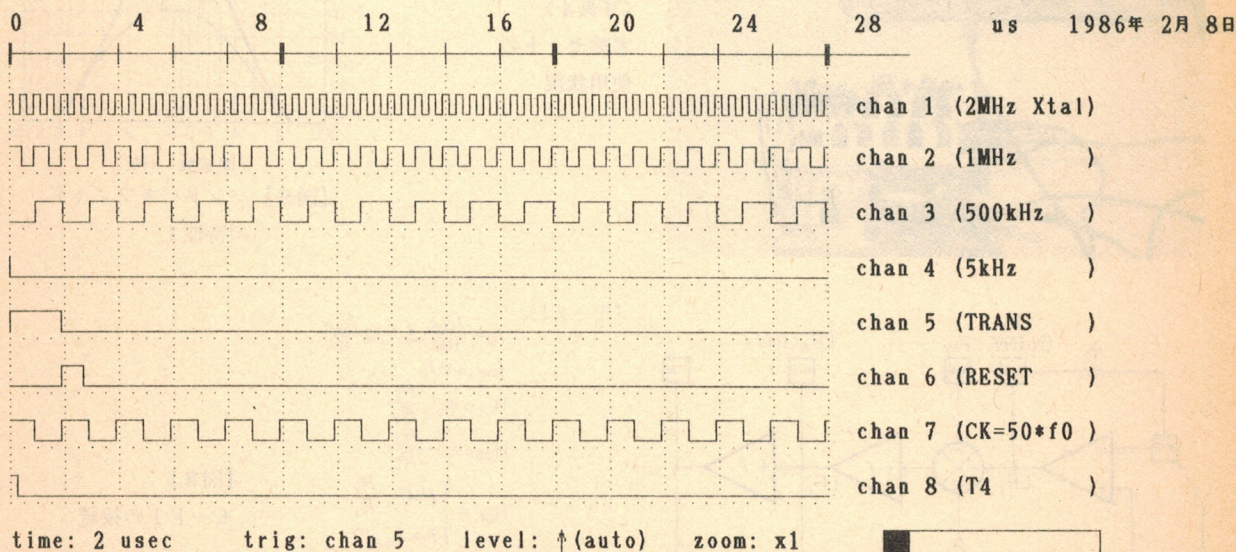
これだけの回路ですから，予め部品配置を考えておけばサンハヤトのプリント基板ICB-505（95×138mm，ICB-93Wでも可）に十分載せられます。製作上の注意として，クロック発生回路にある発振コンデンサのグランドは必ずそのシュミットトリガの電源グランドピン（７番ピン）につないでください。さもないと20kΩのVRを回してもスムーズに発振周波数が変わらないことがあります。電源バイパスコンデンサも忘れずに数個を分散して取り付けておいてください。

なお，電源にはACアダプタを使うことにしました。この回路を動かすだけであれば＋５Ｖの単一電源（消費電流は約80mA）で済みますが，MF10は±５Ｖの２電源が必要です(＋10Vの単一電源でも可)。初めの計画ではTL497Aを使って＋５Ｖから－５Ｖを発生させるつもりだったのですが，必要な電流容量（約10mA）がとれませんでしたので，てっとり早く－５Ｖ用にもACアダプタを使っています。

MF10ブレッドボードの製作

MF10を載せた実験基板（ブレッドボード）は，**写真３**のように外付け抵抗が取り付けやすいようにチェックピンを要所要所にたくさん立てておきました。ここにハンダ付けで適宜抵抗を付けるわけですが，チェックピンはプリント基板にカチ込むくらいにしておかないと，ハンダごての熱でゆるんでしまいますので注意してください。チェックピンには先端が２つに割れて抵抗のリード線が差し込めるタイプもありますので，これを使う方が便利かもしれません。

なおこのブレッドボードのプリントパターンを図７に掲げておきます。このパターンは裏面（銅箔面）から見た図を示し，このまま感光式基板に焼き付ければOKです。

この２つのプリント基板を組み合わせた実験セットは，**写真４**のようにアルミ板に載せ，下にゴム

〈写真３〉MF10のブレッドボード

この波形は”ロジアナ９８”を使って観測し、それをプリンタに打ち出したものです。

f。は１０．００kHzに設定してあります。

【図６】各部の波形

足を付けておくとよいでしょう。回路グランドはこれに接地しておいてください。MF10は周りの誘導ノイズを拾いやすいので，こうした配慮が必要です。

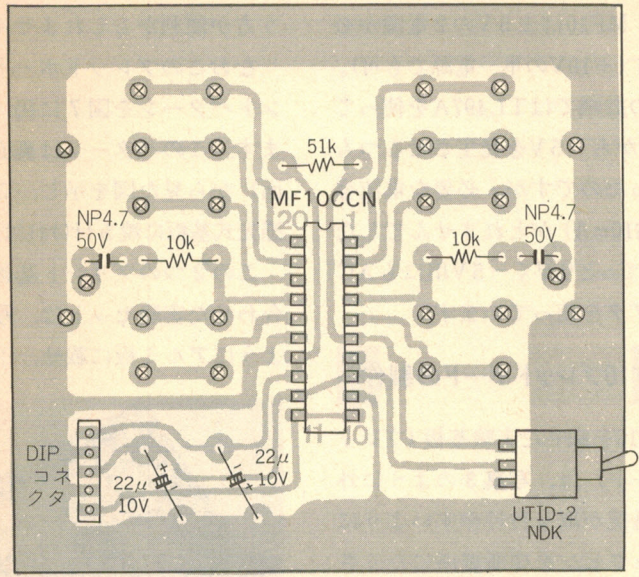
MF10の動作モード

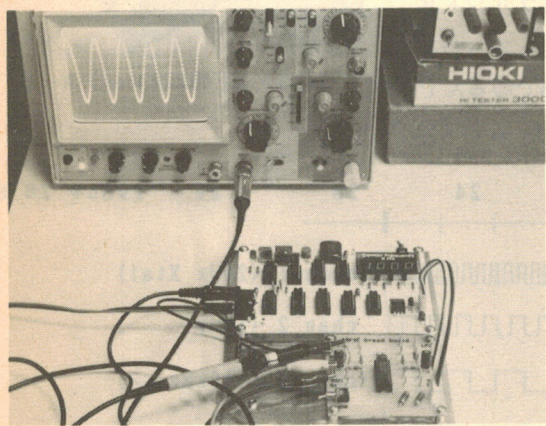
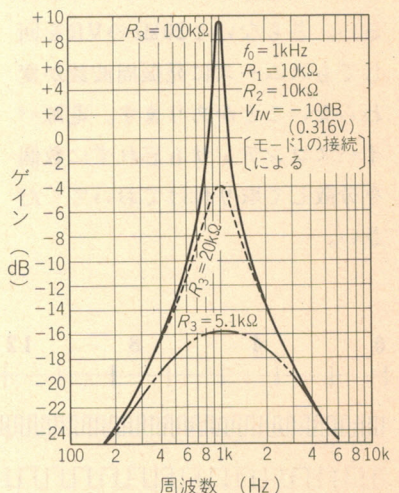
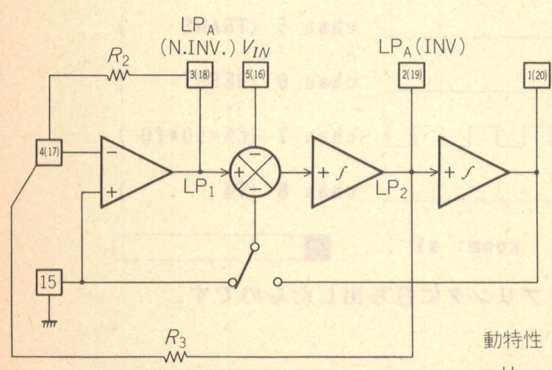
ではこの実験セットを使って，スイッチドキャパシタフィルタMF10の動作を確かめてみることにしましょう。

〔モード1〕

MF10は外部結線のしかたによって，いろいろなモードで動作させることができます。図8は代表的な接続で，ノッチ，バンドパス，ローパスフィルタ特性が各ピンから得られるようになっています。ただし入出力の位相は反転します。

f_0は$f_{CLK}/50$（セブンセグメントLEDに表示のとおり）で，フィルタのQはR_3/R_2となります。

ひとつの実測例を示しましょう。f_0を1kHzとし，Q=10の2次のバンドパスフィルタを構成するもの

⊗印はチェックピンを示す。

【図7】ブレッドボードのプリントパターン

〈写真4〉
実験セットの
使用状況

【図9】バンドパスフィルタの特性1

〔モード1〕

$$f_0=\frac{f_{CLK}}{100} \text{または} \frac{f_{CLK}}{50}$$

$$f_{notch}=f_0$$

$$H_{OLP}=-\frac{R_2}{R_1}$$

$$H_{OBP}=-\frac{R_3}{R_1}$$

$$H_{ON}=\begin{cases} f\to 0 & -\frac{R_2}{R_1} \\ f\to f_{CLK}/2 & \end{cases}$$

$$Q=\frac{f_0}{BW}=\frac{R_3}{R_2}$$

BW＝−3dBバンド幅

動特性

$$H_{OLP}=\frac{H_{OBP}}{Q} \text{または} H_{OBP}=H_{OLP}\times Q=H_{ON}\times Q$$

$$H_{OLP(peak)}\cong Q\times H_{OLP} \text{（Qが高いとき）}$$

【図8】
モード1の接続

とします。またf_0におけるバンドパスゲイン(R_3/R_1)も10(20dB)としておきます。

それにはまず周波数カウンタの表示が1.000(kHz)となるように調整します。QはR_3とR_2の比で決まりますから，$R_1=10kΩ$とすると，$R_2=10kΩ$，$R_3=100kΩ$でよいことになります。バンドパスフィルタの出力は2番ピンまたは19番ピンより得られます。

実測の結果を図9に掲げました。

これを見て分かるとおり，f_0はディジタル的に設定した値とよく一致しています。またバンドパスゲインも入力電圧0.316V($-10dB_V$)に対して，f_0における出力電圧は$+9.4dB_V$となり良好でした。

またQはピーク値の−3dBポイントが約950Hzと1050Hzであったことから，1000/(1050−950)=10と，これも設計値とよく一致します。

因に$R_3=20kΩ$および5.1kΩとして実験した結果も同じ図中に記入しましたが，これらも設計値とよく合いました。

一方1番ピンまたは20番ピンからはローパスフィルタの出力が得られます。ローパスゲインはR_2/R_1となります。この特性を図10に掲げました。

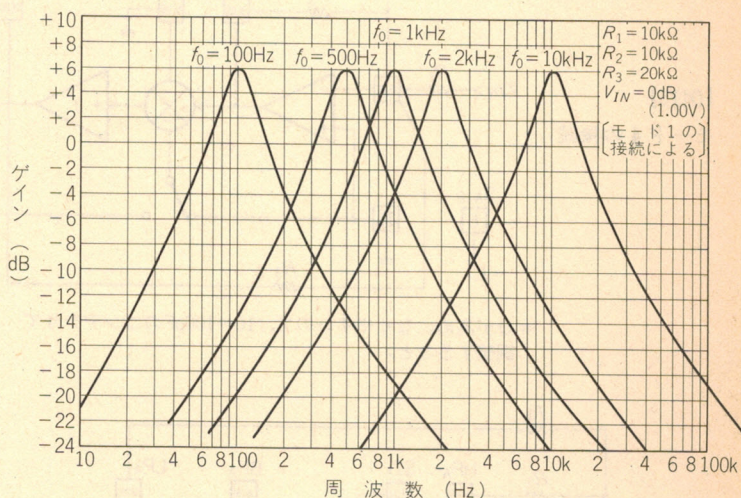
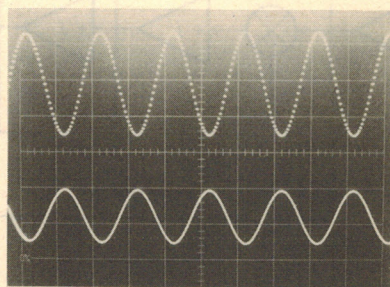
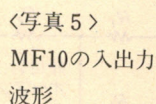
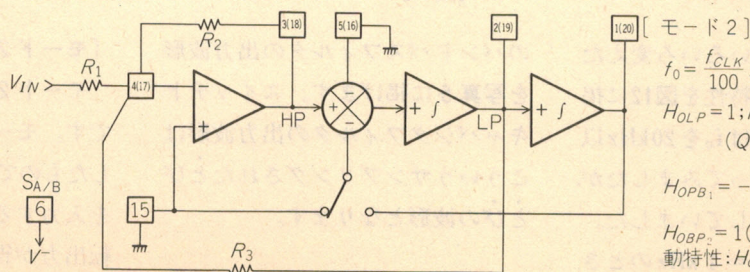
ノッチフィルタの特性は3番ピンまたは18番ピンに現れます。測定した結果の一例を図11に示しました。ノッチの深さは30dB程度となっています。

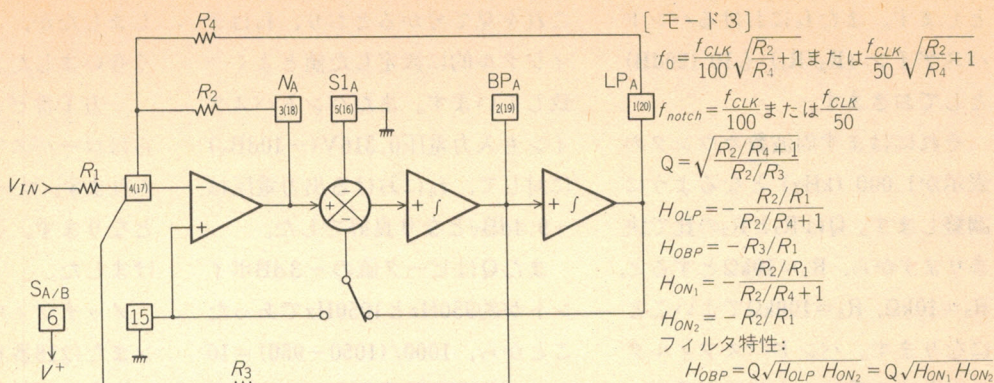
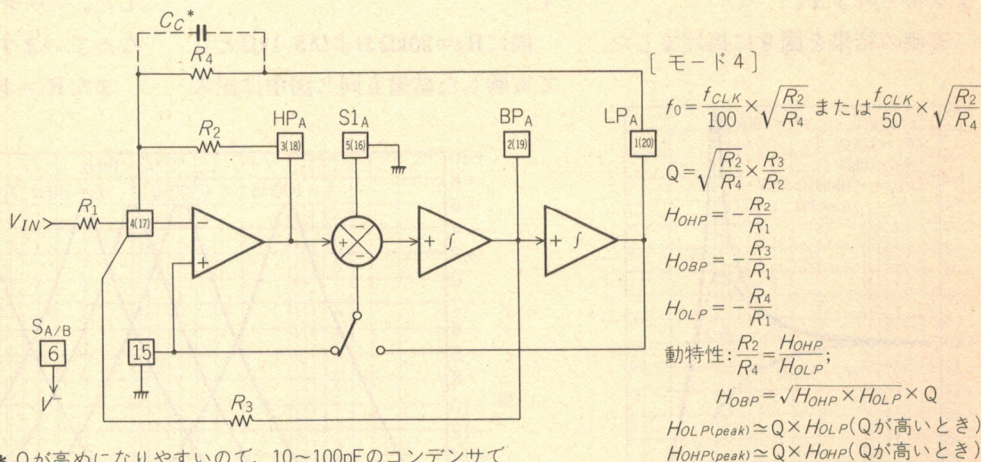
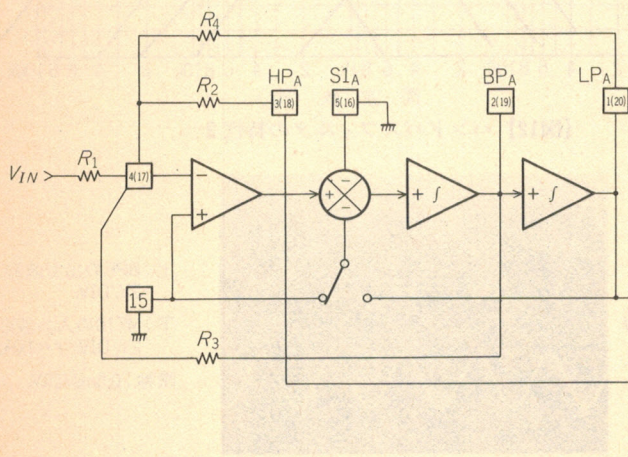
また$R_1=R_2=10kΩ$，$R_3=20kΩ$

【図10】ローパスフィルタの特性

【図11】ノッチフィルタの特性

【図12】バンドパスフィルタの特性2

〈写真5〉
MF10の入出力波形

上：BPFの出力波形 2V/DIV.
下：MF10の入力波形 2V/DIV. f=1kHz
横軸：0.5ms/DIV.

【図13】モード2の接続

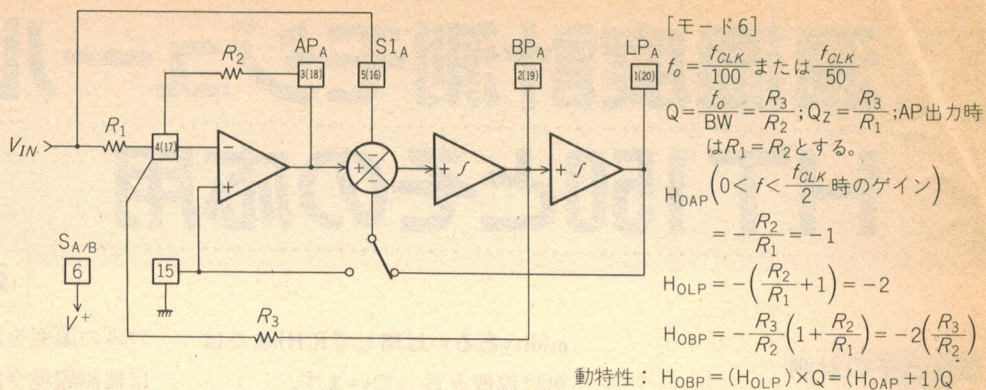
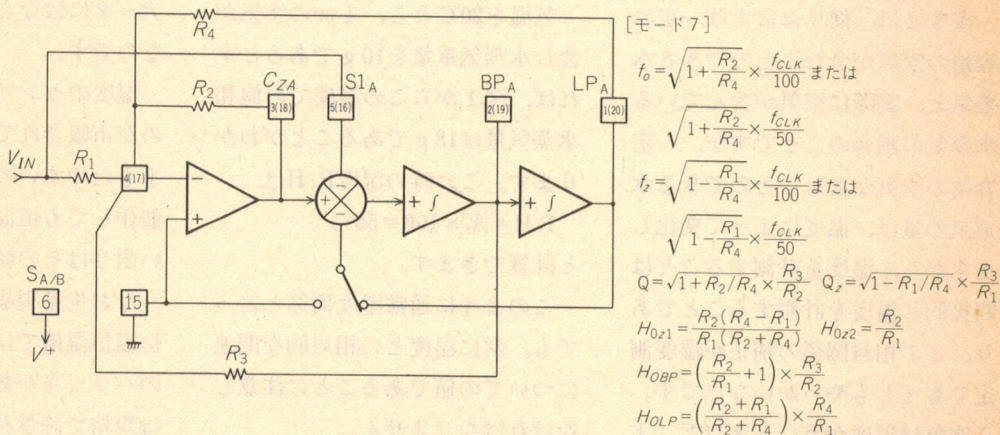
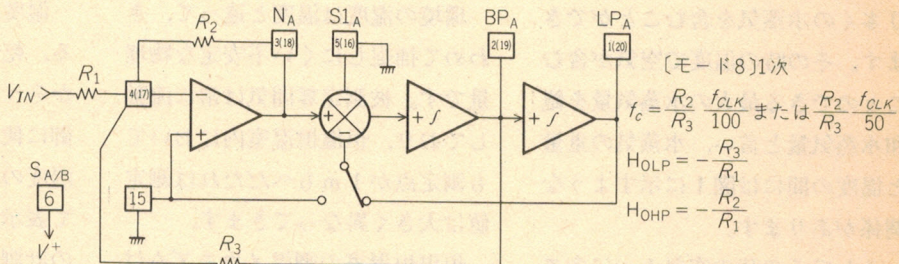
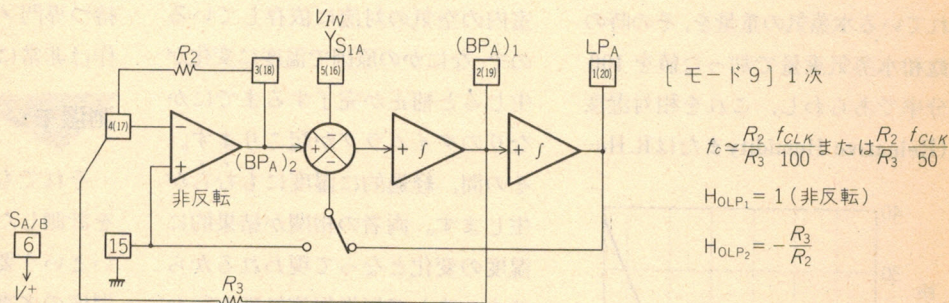
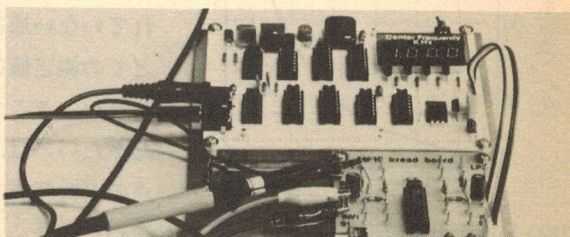
【図14】
モード3の接続

【図15】
モード4の接続

＊Qが高めになりやすいので，10～100pFのコンデンサで調整すること。

【図16】モード5の接続

としたときのf_0をいろいろ変えたときのバンドパス特性を図12に掲げました。実験ではf_0を20kHz以上の周波数でも行ってみましたが，なかなかよく動作していました。

参考までに，f_0＝1kHzのときのバンドパスフィルタの出力波形を写真5に掲げます。スイッチドキャパシタフィルタの出力波形はこういうサンプリングされたとびとびの波形となります。

〔モード2～9〕

モード2の接続は図13のとおりです。モード1の接続をベースにしたものですが，S1ピンから信号を入力すると各出力ピンから非反転出力が得られます。

【図17】
モード6の接続

【図18】
モード7の接続

【図19】
モード8の接続

【図20】
モード9の接続

その他のモードを図14～20に示しました。モード3～5とモード7ではf_0が外付け抵抗によっても変わります。またモード8と9ではポールが1つのフィルタとなっています。

温湿度計測モジュール HT150とその応用

西村 昭義

湿度とその計測

湿度とは，簡単に言えば一定の容積の空気が含むことのできる水蒸気と，実際に空気が含んでいる水蒸気の割合のことですが，一定容積の空気が含むことのできる水蒸気の量は，温度によって変化しますから，湿度を計測することは間接的に温度を計測することであり，この相対関係の補正が湿度測定でもっともやっかいな点です。

空気は温度が高いときほど，より多くの水蒸気を含むことができます。その時の温度で空気が含むことのできる最大の水蒸気量を飽和水蒸気量と言い，水蒸気の重量と温度の間には図1に示すような関係があります。

そしてその時の空気1 m³に含まれている水蒸気の重量を，その時の飽和水蒸気重量で割った値を100分率であらわし，これを相対湿度(Releative HumidityまたはR.Humidityあるいは略してR.H)または単に湿度と言っています。

【図1】温度と飽和水蒸気重量の関係

気温を20℃とし，1 m³の空気が含む水蒸気重量を10 gであるとすれば，図1からこの温度での飽和水蒸気量は18 gであることがわかります。この時の湿度R. Hは，

$R.H = 10/18 \times 100 = 56\%$

と計算できます。

このように通常湿度何%と言っても，常に温度との相対的な関連についての値であることに注意しなければなりません。

環境の湿度は温度と違って，きわめて捕捉しにくい不安定な物理量です。被測定雰囲気は常に流動しており，恒温恒湿室内においても測定点が1 mもへだたれば測定値は大きく異なってきます。

恒温恒湿室の調温メカニズムは室内の空気の対流に依存しているので，なにかの原因で温度に変化が生じると補正が完了するまでにかなりのタイムラグが起こります。その間，経過的に湿度にもむらが生じます。両者の相関が結果的に湿度の変化となって現われるからです。まして恒温恒室処理が行われていない通常の室内，倉庫内などでの測定値はあまり意味を持ちません。ここで誤解しないでいただきたいのは，センサが捉えた定点のその時点での計測値に意味がないということではなく，一定点のみの湿度を計測しても，その値は被測環境全体の湿度をあらわすデータにはならない，ということなのです。

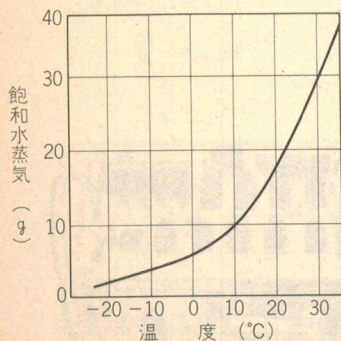
湿度のセンサにはいろいろなものが市販されています。安価で入手もたやすいのですが，湿度計を製作しても恒温恒湿槽でも持たない限りはその較正ができません。

なお生産現場で使用されている恒温恒湿槽では槽内における湿度のバラツキが数%R. Hあってこれは規格で許されています。

湿度が高いから除湿機を運転する，乾燥が激しいので加湿器を動かそう，などのディジタル的な制御に使用するものならともかく，湿度の変化を連続的なデータとして表示する，または記録するなどの計測用の湿度計は相当な設備を持つ専門メーカーでない限り，製作は非常に困難です。

測湿モジュールHT150

それでも，リアルタイムで湿度を計測したい，ないしは記録したいという要望は非常に多いのです。湿度の多寡が製品仕上り歩留りに大きく影響する製造業種，定温定湿を維持する必要のある保管業，農事，医事など広範な分野が湿度に関する定数的なデータを必要としています。

このようなニーズへの供給を目

的とした小型軽量多機能なディジタル温湿度計測モジュールをソアー(株)が開発し，そのサンプルを入手する機会がありましたので紹介し，この方面に関心をお持ちの方の参考に供したいと思います。

このモジュールは，感湿センサに非加熱型の酸化ジルコニウム系のセラミックを使用しており，空気中の相対湿度をその時点での温度で補正しながら，ディジタル表示します。湿度は小数点以下1桁位までのR.H%を直接に示し，同一ディスプレイ面に温度も表示します。

小数点以下の表示はあまり意味がないようにも思えますが，A/D変換上の分解能がそこまである，ということなのでしょう。同社のカタログからこのモジュールの特徴を要約してみると以下のとおりです。

1．部品点数が従来製品に比較してきわめて少なく，信頼性が向上する，超小型軽量化が可能になった。価格は従来品の1/10以下。

2．マイクロコンピュータを内蔵し以下のような種々のデータの処理，表示が可能である。

温湿度の最高，最低値を記憶し任意に表示すること，温湿度の上下限値を設定し，その設定から外れた場合にアラームまたは制御する信号が出力できること，不快指数が直接表示できること，多数点の温湿度を集約して計測できること。

3．センサの特性をマイクロコンピュータで処理しているため，温度で±0.2℃，湿度で±0.5%R.Hと高精度であること。

このモジュールの型番はHT150で，その仕様を**表1**に，外形寸法図を**図2**に示しておきました。

モジュールの使い方

モジュールは単5型の乾電池ケースと一体化されており，このままでも環境管理用の温湿度計として使用できますが，仕様書にあるとおり連続使用では電池寿命が約1,000時間（約42日）程度で切れてしまうので困ります。

実用段階では，外部に各種の制御用機器を接続するのがふつうですから，これから電源をもらうほうが良いでしょう。電池ケースは簡単に着脱できる構造になっています。

このモジュールの端子接続を**図3**に示し，端子機能の概要について説明します。図3で，ピン15からピン21までが内部のコンピュータへモジュールの動作モードを指示する設定ピンです。ピン15からピン17までがスキャン信号の出力で，この出力をピン18から21までのキー入力端子に接続することで，図3に示すそれぞれの動作を実行します。接続はモード毎の干渉をさけるためにダイオード等でORをとらなければなりません。

ピン11からピン14まではデータの出力端子です。ここからはシリアルな形でデータが出力されるからRS232C等のインタフェースを

◀【表1】温・湿度計モジュールの仕様

		湿　　度	温　　度
センサの種類		セラミック抵抗式	サーミスタ
測定範囲	内部	20～80%RH	0～40℃
	外部	20～100%RH	−20～60℃
分解能		0.1%／1%	0.1℃
確度（本体のみ基本特性に対して）	内部	±0.5%	±0.3℃
	外部	±0.5%	±0.2℃
測定周期		1回／2秒	
使用温度		0～40℃	
保存温度		−20～60℃	
表示		＊3桁湿度、3½桁温度、同時表示 ＊単位表示：%、℃ ＊ファンクション表示 コンパレータ開始：H, T Hi, Loアラーム：▲, ▼, △, ▽ MAX／MIN RECORD：←→ MAX／MIN CALL：MAX, MIN	
消費電流		約400μA	
電源		単5電池×4(又は、3.3～15V)	
電池寿命		連続 約1,000時間	
寸法		74(W)×37(H)×28.5(D)	
重量		約60g(電池を含む)	

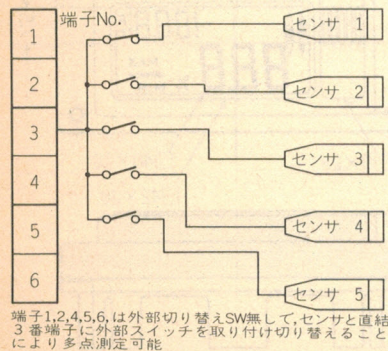
【図2】HT150の寸法図（単位：mm）

Pin No.	端 子 内 容
1	GND端子
2	正電源端子(＋3V出力)
3	外部センサ接続端子(パルス入力端子)
4	外部センサ接続端子(基準発振制御出力)
5	外部センサ接続端子(湿度発振制御出力)
6	外部センサ接続端子(温度発振制御出力)
7	湿度Hiアラーム出力端子
8	湿度Loアラーム出力端子
9	温度Hiアラーム出力端子
10	温度Loアラーム出力端子
11	BCD湿度データタイミング出力端子
12	BCD温度データタイミング出力端子
13	BCD出力用シリアルクロック出力端子
14	BCDシリアルデータ出力端子
15	キー入力用スキャン信号出力端子1
16	キー入力用スキャン信号出力端子2
17	キー入力用スキャン信号出力端子3
18	キー入力端子1(不快指数)
19	キー入力端子2(DOWN, MAX/MIN, メモリ, MAX/MINディスプレイ)
20	キー入力端子3(分解能切り替え, コンパレータセット, コンパレータC)
21	キー入力端子(UP, ℃/°F切り替え)
22	GND端子

【図3】湿度モジュール端子説明図

介してパソコンやプリンタが接続できます。

ピン7からピン10まではアラーム出力で，湿度温度それぞれの上下限の4本の線から，設定値を越えたとき直流レベルの信号が論理Hで出てきます。Hの値は約3Vあって1出力線あたり2mAの容量を持っています。

ピン3から6までは外部増設センサの接続端子で，数10m離れた場所の湿度も測定可能です。この端子を利用した多点測定例を**図4**に示しておきました。

ピン1，22は接地端子，電源端子は基板の向って左端にあります。

このモジュールの具体的な使い方

前項の各ピンの機能をふまえ，このモジュールを使用して温湿度と不快指数などをリアルタイムに表示し，必要があれば外部機器の駆動，アラームの発生などに使用できる温湿度計測コントローラーを製作してみました。

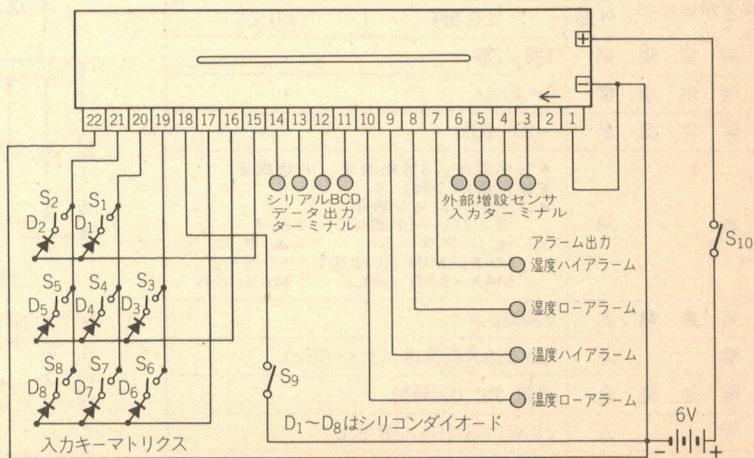
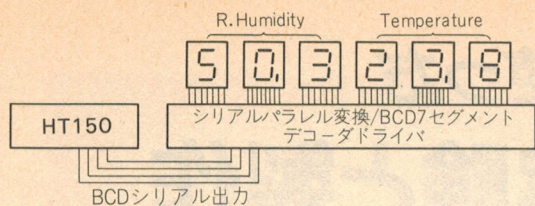
本機を外部機器，たとえば除湿機，ヒーター，冷凍機などの電力機器と接続するには，それぞれに見合ったインタフェースを介して行う必要があります。その場合，センサは計測または制御を行おうとする対象の至近に別途配置しなければなりません。

本機の回路を**図5**に示します。各スイッチの機能はつぎのとおりです。S_{10}は電源スイッチです。

S_1は湿度温度の最大最小値を入力するもので押すとデータが内部に取り込まれ，再度押すと解除します。S_2は分解能切り替えで，押せば1％，再度押せば0.1％と交互に動作します。

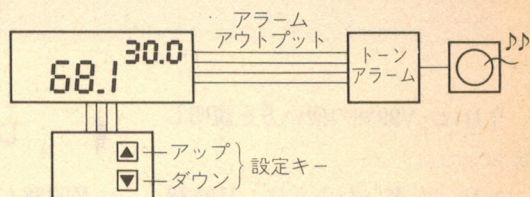
S_3は温度の摂氏華氏の切り替えで，押すごとに交互にモードが変わります。

S_4はS_1で取り込んだデータを表示するスイッチです。押せば温湿度の最高値，再度押せば最低値を示します。

【図4】多点測定例(5点測定)

【図5】温湿度計測コントローラーの回路図

【図6】LED電光表示板などの外部大型ディスプレイを点灯する

【図7】RS232Cによるパソコンへの接続

【図8】記録器，プリンタなどへの接続

【図9】アラームモード出力で空調器等を駆動する

【図10】▶アラームモード出力でトーンアラームを駆動する

S_5は内部コンパレータの設定モードを選択するスイッチで，押すごとに湿度最大値，最小値，温度最大値，最小値，解除，のように機能します。

S_6はダウン，S_7はアップのカウンターキーです。コンパレータの各作動モードにおいて押すごとに1カウントずつダウンまたはアップします。押し続けると毎秒10～20カウントで動作します。

S_8はコンパレータの動作スイッチで，押せばオン，再度押せばオフです。

S_9は不快指数モードにするためのスイッチで押している間のみ不快指数を表示します。

市販の平型シャシに**写真1**のようにまとめてみました。電源は実用的には外部から供給したほうがよいのですが，ここでは単3電池4本を使用しました。約2,000時間で電池が切れます。

〈写真1〉実験した温湿度計

不快指数表示用のスイッチは回路上キーボードになじまないので別にしました。外部機器との接続端子は必要な回線数と必要な制御モードだけを引出しておけばよいでしょう。単なる温湿度計に使うだけなら入出力端子は不要です。

応用例

応用例を図示して簡単に説明しておきます。実際の使用では，それぞれの目的に適合したインタフェースを個別に設計しなければならないことは前に述べたとおりです。始めにBCD出力系の応用です。シリアル出力である点に注意を要します。**図6**は湿度と温度をリアルタイムでLED，またはランプ式7セグメントディスプレイなどで明るく大きく表示する例です。変換回路の内容はBCDのシリアル→パラレル変換器，BCD→7セグメントデコーダ，ドライバなどです。**図7**はパソコンによるデータ処理，制御への応用です。**図8**は記録計，プリンタ等へのインタフェースです。

次はアラーム出力系の応用例です。**図9**にハイ・ローアラーム出力で空調機，冷凍機を制御する応用を示します。**図10**はトーンアラームを構成する例です。アラーム出力系は単なるDCレベルでの信号ですから応用は容易で，モジュールからのアクティブ出力を電圧または電流の形で，装置を駆動するのに必要なレベルまで増幅します。

〈参考・引用文献〉

●ソアー　HT150製品仕様書
●計量管理技術双書36，機械工業用恒温恒湿室
沢辺雅二・コロナ社

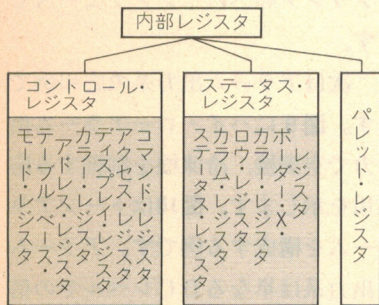
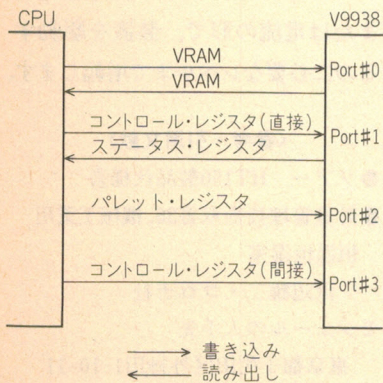
モジュールの入手先
東京都千代田区外神田1-10-11
株式会社　稲電機

8ビットパソコンを使った
画像処理の実験と製作

② V9938の使い方

野口　勇

今月は，V9938の使い方を説明しましょう。

先月にも書いたように，V9938はそれ自体1つのCPUであるのと同じで，しかもわずか4ポートのI/Oでコントロールするので複雑です。サンプル・プログラムものせますので参考にしてください。

【図1】レジスタの種類

【図2】CPU↔V9938のデータ関係

レジスタの種類

V9938には非常に多くのレジスタがありますが，大ざっぱに分類すると，コントロール・レジスタ(R＃0～R＃23，R＃32～R＃46)，ステータス・レジスタ(S＃0～S＃9)，パレット・レジスタ(P＃0～P＃15)の3種類に分けられます(図1)。

コントロール・レジスタは，書き込み専用レジスタV9938の動作を決める重要なレジスタです。ステータス・レジスタは，その名の通りV9938の状態，例えばライトペンの状態や，コマンド実行中か否かを調べるためのもので読み出し専用となります。パレット・レジスタはBASICで言うパレットと同様に，パレットの色を決めるものです。

```
100 OUT &H71,&H6
110 OUT &H71,&H80
120 OUT &H71,&H40
130 OUT &H71,&H81
140 END
```

【リスト1】直接指定

```
100 OUT &H71,&H0
110 OUT &H71,&H91
120 OUT &H73,&H6
130 OUT &H73,&H40
140 END
```

【リスト2】間接指定

レジスタのアクセス方法

では，ここで数あるレジスタのアクセス方法を説明します。

V9938には，I/O空間を4byteすなわち4つのポートがあります。このたった4つのポートでV9938をコントロールするわけです。今

		G	R	B
カラーコード	0	0	0	0
	1	0	0	0
	2	6	1	1
	3	7	3	3
	4	1	1	7
	5	3	2	7
	6	1	5	1
	7	6	2	7
	8	1	7	1
	9	3	7	3
	A	6	6	1
	B	6	6	4
	C	4	1	1
	D	2	6	5
	E	5	5	5
	F	7	7	7

【表1】カラー・パレット初期値

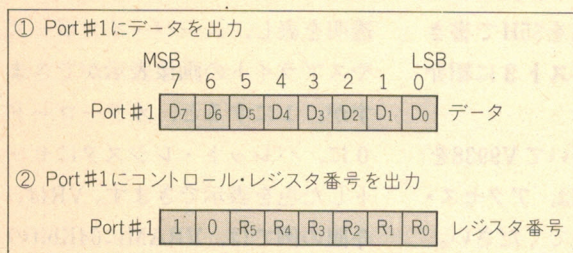
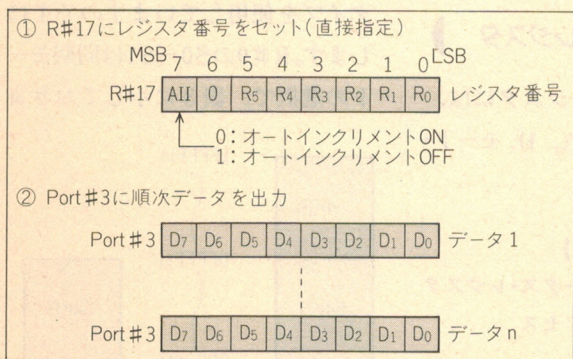
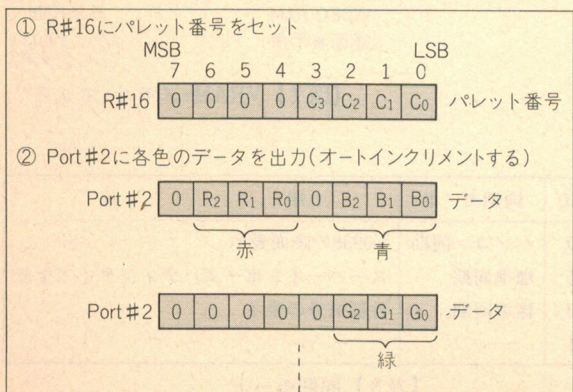
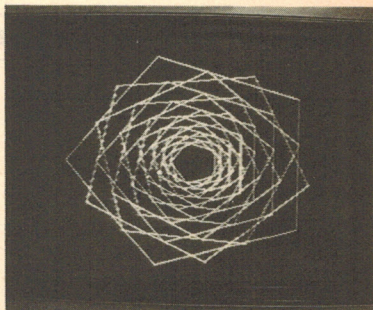
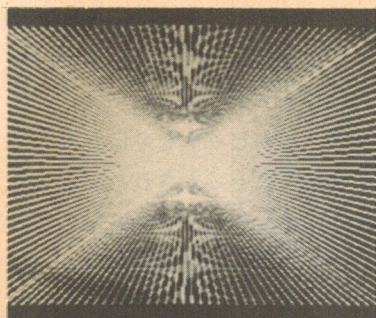
回製作したもののポート・アドレスはPort＃０から順に70H～73Hです。ちなみにMSX$_2$では，98Hからの4byteですので，MSX$_2$のV9938をコントロールする人は，ポート・アドレスさえ変更すればOKです。図２は，CPUとV9938のやりとりをポート番号別に表した図です。

まず，コントロール・レジスタのアクセス方法です。この方法には２種類あり，それぞれ直接指定，間接指定といいます。直接指定とは，ポートに直接レジスタ番号とデータを出力する方法です(図３)。具体的には，まずポート番号1(Port＃１）に書き込みたいデータを出力し，次に再びPort＃１にそのレジスタ番号（R＃０～R＃46）を出力します。ちなみに先月号に動作テストとして紹介したプログラムがその方法です。出力の順番は，必ず守らなければならないので割込み処理には注意してください。

次は，間接指定です(図４)。これはレジスタ番号を１度セットすると，後は順にデータを出力するだけで書き込めるので，書き込むべきレジスタの番号が続いている場合には便利です。まず最初に，コントロールレジスタ（R＃17）にアクセスしたいレジスタ番号をセットします。セットの方法は，直接指定で行います。次にポート番号３(Port＃３)に書き込みたいデータを出力します。R＃17のMSB(最上位ビット)にAIIというフラグがあり，このビットを０にしておくとR＃17にセットされたレジスタ番号がオートインクリメントされるので，続き番号のレジスタへデータをセットするときは，便利です。AIIを１，すなわち，オートインクリメントを禁止したときはR＃17の内容は変わらないので，再びセットする必要はありません。

では例としてR＃０に06H，R＃１に40Hを書き込む場合の直接指定，間接指定でのそれぞれについてプログラムをのせておきます(**リスト１，リスト２**)。

次はパレット・レジスタのアクセス方法です。V9938のパレット・レジスタは9bitあり，２回に分けて書き込むことになります。まず，R＃16に直接，間接指定を使ってパレット番号をセットします。次にPort＃２にRedデータ，Blueデータ，そしてGreenデータを出力するとセットされます。パレット番号は，オートインクリメントされますので続けてセットできます(図５)。**表１**はパレット・レジスタの初期値です。

コントロール・レジスタ，パレット・レジスタは読み出しできませんので，プログラムで必要なら，

【図３】
直接指定

【図４】
間接指定

【図５】
パレット・レジスタのアクセス

<写真１> ラインコマンドの実行例①

〈写真2〉ラインコマンドの実行例②

そのデータをメモリー上にストアしておく必要があります。

ステータス・レジスタの読み出しは，R＃15にステータス・レジスタ番号（S＃0～S＃9）をセットしてPort＃1を読み出せばよいのです（図6）。

ビデオRAMのアクセス方法

V9938には，最大128KbyteのビデオRAM，また拡張RAMを64Kbyte接続できます（図7）。VRAMの下位64Kbyteと拡張RAM64Kbyteは同一アドレス上に存在するので，バンク切り替えによって指定します。アクセス方法は，まず，アーギュメント・レジスタと呼ばれるR＃45のビット6にバンクの指定をします。R＃45の内容は保存されますので，1度書き込めば，再びセットする必要はありません。次にVRAMアクセス・ベース・レジスタ（R＃14）に先にのべた直接指定などを用いてアクセスしたいアドレスの上位3Bit（A16～A14）をセットします。そしてPort＃1にアドレスの下位8Bit（A7～A0）を出力，続けてアドレスの残りの6Bit（A13～A8）とリード/ライトの指定を行えば，Port＃0に対してリード/ライトをすればいいわけです。リード/ライトを行うと，アドレスカウンタはオートインクリメントされるので，順次VRAMをアクセスすることができます。例として，00000Hから256Byteを55Hで書き込むプログラムを**リスト3**に紹介します。

なお，機械語を用いてV9938をアクセスするときには，アクセス・タイミングに注意してください。

コントロール・レジスタ

コントロール・レジスタには，6種類あり，それぞれ，1).モード・レジスタ，2).テーブル・ベース・アドレス・レジスタ，3).カラー・レジスタ，4).ディスプレイ・レジスタ，5).アクセス・レジスタ，6).コマンド・レジスタがあります。

1).モード・レジスタ

モード・レジスタには4つあり（図9），R＃0，R＃1，R＃8，R＃9です。表示モードは先月号に書いたように10種類あり，R＃0，R＃1のM1～M5でそれぞれのモードを指定します（**表2**）。また，モード，レジスタには各種のスイッチがあり，R＃0，R＃1のIE0～IE2は，割り込みイネーブルで，1のとき割り込みが可能となります。R＃8のTPは，0のときカラーコード0が透明を表し，スーパーインポーズやスプライトの画像表示ができますが，1にすると，カラーコード0に，パレット・レジスタにセットした色を表示できます。VRは，今回の例では，VRAMに64Kbitのタイプを使用していますので1にします。R＃9のS0～S1は同期モードの選択で，**表3**に示しておきま

① R＃15にステータス・レジスタ番号をセット

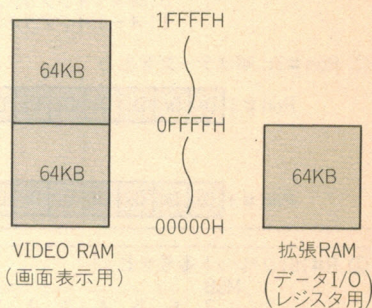
	MSB 7	6	5	4	3	2	1	LSB 0	
R＃15	0	0	0	0	S_3	S_2	S_1	S_0	ステータス・レジスタ番号

② Port＃1を読み出す

Port＃1	D_7	D_6	D_5	D_4	D_3	D_2	D_1	D_0	ステータス・レジスタの内容

【図6】ステータス・レジスタのアクセス

【図7】VRAM・メモリ・マップ

表示モード	M5	M4	M3	M2	M1
TEXT 1	0	0	0	0	1
TEXT 2	0	1	0	0	1
MULTI Col.	0	0	0	1	0
GRAPHIC 1	0	0	0	0	0
GRAPHIC 2	0	0	1	0	0
GRAPHIC 3	0	1	0	0	0
GRAPHIC 4	0	1	1	0	0
GRAPHIC 5	1	0	0	0	0
GRAPHIC 6	1	0	1	0	0
GRAPHIC 7	1	1	1	0	0

◀【表2】表示モード

S1	S0	同期モード	用途
0	0	パソコン同期	V9938の画面表示
0	1	標準同期	スーパーインポーズ，ディジタイズなど
1	0	標準同期	外部信号の表示
1	1	——	——

【表3】同期モード

す。通常は両方とも0です。ILは0でノンインタレースで飛び越し走査を行い，1でインタレースモードとなり完全MSCタイミングとなります。EOは，1にすると2つのページを交互に表示することができます。通常IL，EOは0にします。$\overline{NT}$は，1にするとヨーロッパなどでのPAL規格でRGB出力が得られますが，日本ではNTSC規格なので0にしておきます。DCは複数のV9938の使用するときの同期をとるもので，通常は0にしておきます。

2). テーブル・ベース・アドレス・レジスタ

これは，V9938に対して各種のVRAM上のデータの先頭アドレスを指定するもので7種類あります。モードによってビット数に制限があるので，各モードの説明に注意してください(図10)。

3). カラー・レジスタ

これは，各TEXT画面の色やブリンクなどの制御のためのレジスタです(図11)。R♯7は，TEXT面の色と全表示モードの背景色を指定します。R♯12はTEXT2モードのみに使用するもので，パターンにブリンクの属性があるときにR♯7とR♯12で指定された色を交互に表示します。R♯13がGRAPHIC 4～7において，2つのページを

```
100 OUT &H71,&H0
110 OUT &H71,&HAD
120 OUT &H71,&H0
130 OUT &H71,&H8E
140 OUT &H71,&H0
150 OUT &H71,&H40
200 FOR I=0 TO 255
210 OUT &H70,&H55
220 NEXT I
230 END
```

【リスト3】VRAMアクセス例

【図8】VRAMのアクセス

【図9】モード・レジスタ

交互に表示するときのその時間を設定するものです。各指定時間は，設定値×166.9msです。R＃20～R＃22は，カラーバースト用で，値が決められています。通常は使用しません。

4). ディスプレイ・レジスタ

これには3種類のレジスタがあり，R＃18はCRT上の表示位置を決めるレジスタです。実際，CRTによって表示位置がずれるので，それをアジャストするためのレジスタです。R＃23は表示開始ラインを設定するもので，VRAM上には256ライン分の領域が確保されますが，実際は192(212)ラインを表示するのでそのオフセット値を指定します。R＃19は，指定した走査線で割り込みを発生するときに使用します(図12)。

5). アクセス・レジスタ

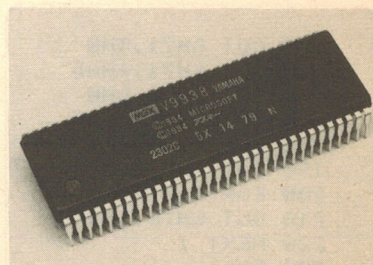
これは，V9938の内部レジスタや，VRAMをアクセスするときのレジスタで4本あります。くわしくはレジスタのアクセス方法で述べた通りです(図13)。

6). コマンド・レジスタ

V9938には，数多くのコマンドを有していますが，このレジスタは，そのコマンドを使用する際の各設定値をセットするレジスタで15本あります。使用方法はコマンドの解説のときに書きます。

ステータス・レジスタ

V9938の状態を調べるもので，S＃0～S＃9の10本があります。

スプライト・モード1では同一水平線上に最大4個，モード2では最大8個のスプライトが可能ですが，それを越すと，S＃0の5Sがセットされ，そのスプライト番号が5th-Sprite＃にセットされます。S＃1のFL, LPSは，ライトペンやマウスが接続されているときのフ

	7 (MSB)	6	5	4	3	2	1	0 (LSB)	
R#2	0	A_{16}	A_{15}	A_{14}	A_{13}	A_{12}	A_{11}	A_{10}	パターン・ネーム・テーブル・ベース・アドレス・レジスタ
R#3	A_{13}	A_{12}	A_{11}	A_{10}	A_9	A_8	A_7	A_6	カラー・テーブル・ベース・アドレス・レジスタ(下位)
R#10	0	0	0	0	0	A_{16}	A_{15}	A_{14}	カラー・テーブル・ベース・アドレス・レジスタ(上位)
R#4	0	0	A_{16}	A_{15}	A_{14}	A_{13}	A_{12}	A_{11}	パターン・ジェネレータ・テーブル・ベース・アドレス・レジスタ
R#5	A_{14}	A_{13}	A_{12}	A_{11}	A_{10}	A_9	A_8	A_7	スプライト・アトリビュート・テーブル・ベース・アドレス・レジスタ(下位)
R#11	0	0	0	0	0	0	A_{16}	A_{15}	スプライト・アトリビュート・テーブル・ベース・アドレス・レジスタ(上位)
R#6	0	0	A_{16}	A_{15}	A_{14}	A_{13}	A_{12}	A_{11}	スプライト・パターン・ジェネレータ・テーブル・ベース・アドレス・レジスタ

【図10】テーブル・ベース・アドレス・レジスタ

	7 (MSB)	6	5	4	3	2	1	0 (LSB)	
R#7	TC_3	TC_2	TC_1	TC_0	BD_3	BD_2	BD_1	BD_0	テキスト・カラー/バック・ドロップカラー・レジスタ
R#12	$T2_3$	$T2_2$	$T2_1$	$T2_0$	BC_3	BC_2	BC_1	BC_0	テキスト・カラー/バック・カラー・レジスタ
R#13	ON_3	ON_2	ON_1	ON_0	OF_3	OF_2	OF_1	OF_0	ブリンキング周期レジスタ
R#20	0	0	0	0	0	0	0	0	カラーバースト・レジスタ1
R#21	0	0	1	1	1	0	1	1	カラーバースト・レジスタ2
R#22	0	0	0	0	0	1	0	1	カラーバースト・レジスタ3

R#7: BD→バック・ドロップ面の色，TC→Text1,2モードのテキストの色
R#12: BC→パターン0の部分の色，T2→パターン1の部分の色
R#13: OF→奇数ページの表示時間，ON→偶数ページの表示時間

【図11】カラー・レジスタ

	7 (MSB)	6	5	4	3	2	1	0 (LSB)	
R#18	V_3	V_2	V_1	V_0	H_3	H_2	H_1	H_0	ディスプレイ・アジャスト・レジスタ
R#23	DO_7	DO_6	DO_5	DO_4	DO_3	DO_2	DO_1	DO_0	ディスプレイ・オフセット・レジスタ
R#19	IL_7	IL_6	IL_5	IL_4	IL_3	IL_2	IL_1	IL_0	インタラプト・ライン・レジスタ

R#18: H：7……1，0，15，……8（左）（中央）（右）
V：8……15，0，1，……7（下）（中央）（右）

DO：表示開始ライン

IL：走査線番号

【図12】ディスプレイ・レジスタ

〈写真3〉 V9938

ラグです。ID#は，V9938のIDナンバーで後に新しいVDPが開発されたときの識別用にあります。R#3～R#6には，各種の座標がセットされます。S#7は，コマンドを実行したときのデータが返されてきます。S#8～S#9は，サーチ・コマンドを実行したとき，結果のX座標がセットされます(図14)。

表示モード

10種類のモードは，テキスト・モードが2種類，マルチカラー・モード1種類，そしてビットマップ・グラフィックモードが7種類です。

では，それぞれのモードの説明をします。

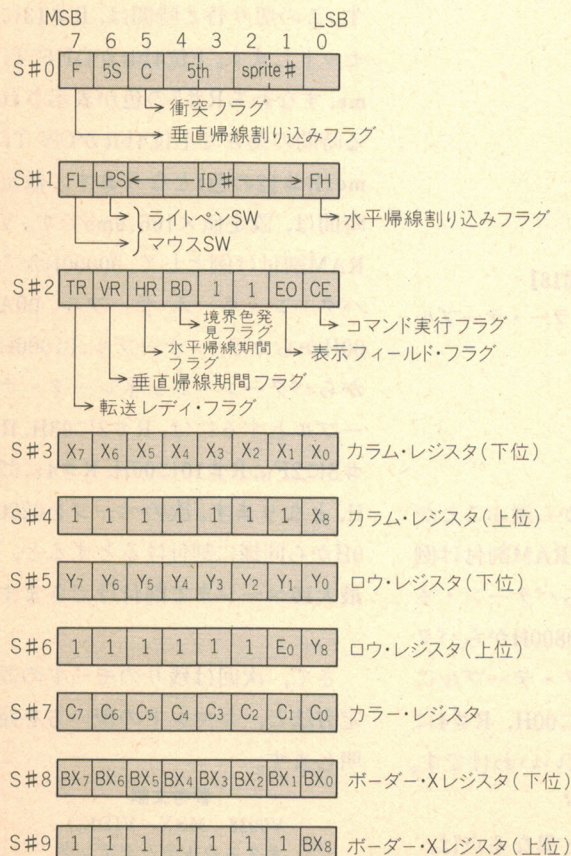
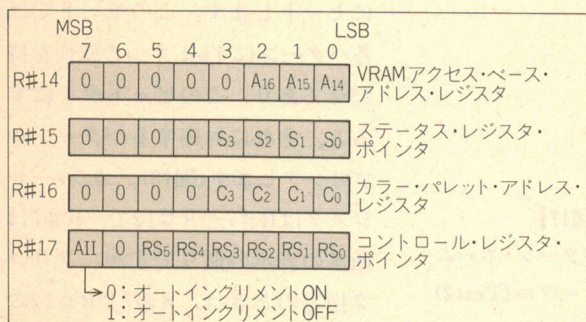
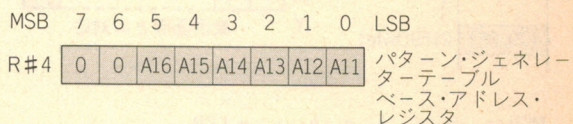
1). TEXT 1 モード

このモードは，6 dot×8 dotのパターンを40×20の画面に表示するモードで，テキスト画面用として使われます。パターン数は256種で，VRAMは，1画面4 Kbyteを占めます。色は，表示色と背景色の2色で512色の中から選べます。

では，まず先の説明を参考にしてモード・レジスタにTEXT 1モードを設定します。パターンのフォントを記憶させるエリアは，パターン・ジェネレータ・テーブルと呼ばれ，その先頭アドレスをR#4にセットします。1つのパターンは8byteで構成されていて，256種類セットできますので，1画面当たり，パターンフォントに2 Kbyte使用することになります(図15)。8bitの内，下位2bitは表示されないので注意してください。パターン・ネーム・テーブルは，画面上のどこに，どのパターンを表示するかを指すエリアで，その先頭ア

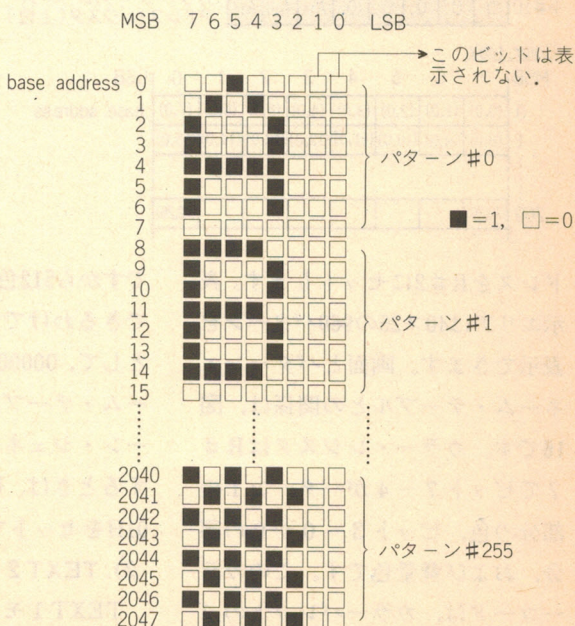
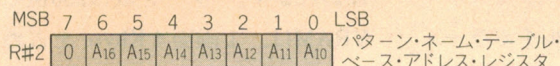
【図13】アクセス・レジスタ

	7	6	5	4	3	2	1	0	
S#3	X_7	X_6	X_5	X_4	X_3	X_2	X_1	X_0	カラム・レジスタ(下位)
S#4	1	1	1	1	1	1	1	X_8	カラム・レジスタ(上位)
S#5	Y_7	Y_6	Y_5	Y_4	Y_3	Y_2	Y_1	Y_0	ロウ・レジスタ(下位)
S#6	1	1	1	1	1	1	E_0	Y_8	ロウ・レジスタ(上位)
S#7	C_7	C_6	C_5	C_4	C_3	C_2	C_1	C_0	カラー・レジスタ
S#8	BX_7	BX_6	BX_5	BX_4	BX_3	BX_2	BX_1	BX_0	ボーダー・Xレジスタ(下位)
S#9	1	1	1	1	1	1	1	BX_8	ボーダー・Xレジスタ(上位)

【図14】ステータス・レジスタ

MSB	7	6	5	4	3	2	1	0	LSB
R#4	0	0	A16	A15	A14	A13	A12	A11	パターン・ジェネレーターテーブル ベース・アドレス・レジスタ

Pattern generator table

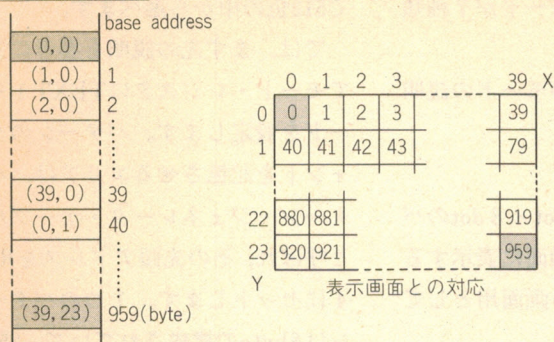
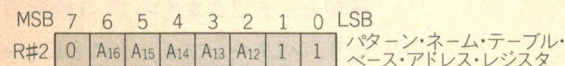
【図15】パターン・ジェネレータ・テーブル

MSB 7	6	5	4	3	2	1	0 LSB
0	A_{16}	A_{15}	A_{14}	A_{13}	A_{12}	A_{11}	A_{10}

R#2 パターン・ネーム・テーブル・ベース・アドレス・レジスタ

Pattern neme table

【図16】
パターン・ネーム・テーブル(Text1)

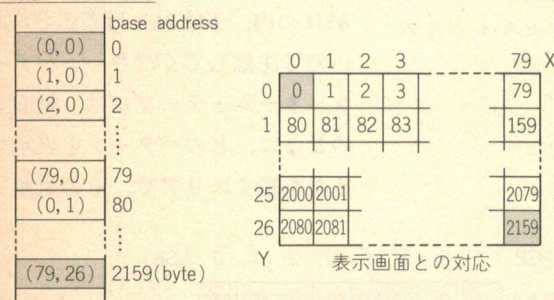
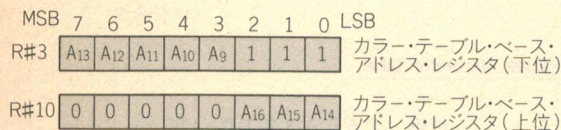
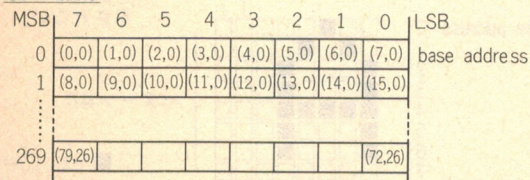
MSB 7	6	5	4	3	2	1	0 LSB
0	A_{16}	A_{15}	A_{14}	A_{13}	A_{12}	1	1

R#2 パターン・ネーム・テーブル・ベース・アドレス・レジスタ

Pattern neme table

【図17】
パターン・ネーム・テーブル(Text2)

	MSB 7	6	5	4	3	2	1	0 LSB	
R#3	A_{13}	A_{12}	A_{11}	A_{10}	A_9	1	1	1	カラー・テーブル・ベース・アドレス・レジスタ(下位)
R#10	0	0	0	0	0	A_{16}	A_{15}	A_{14}	カラー・テーブル・ベース・アドレス・レジスタ(上位)

Color table

	MSB 7	6	5	4	3	2	1	0 LSB	
0	(0,0)	(1,0)	(2,0)	(3,0)	(4,0)	(5,0)	(6,0)	(7,0)	base address
1	(8,0)	(9,0)	(10,0)	(11,0)	(12,0)	(13,0)	(14,0)	(15,0)	
⋮									
269	(79,26)							(72,26)	

【図18】
カラー・テーブル

ドレスをR#2にセットします。表示エリアは40×25の960パターンを表示できます。画面とパターン・ネーム・テーブルとの関係は，図16です。カラー・レジスタはR#7でビット7～4がパターン1の部分の色，ビット3～0が0の部分，および背景色です。このカラーコードは，カラーパレットのコードです。カラーパレットが9bitですから512色の中から選ぶことができるわけです。VRAM割付け例として，00000Hからパターン・ネーム・テーブル，00800Hからパターン・ジェネレータ・テーブルにするときは，R#2に00H，R#4に01Hをセットすればいいわけです。

2). TEXT 2 モード

TEXT 1 モードと異なる点は，パターンのブリンクを1文字ずつできることと，画素数が多い(80×24(26.5))ことです。モード・レジスタ，パターン・ジェネレータ・テーブルは，TEXT 1 モードを参考に同様にセットしてください。パターン・ネーム・テーブルの先頭アドレスは，同じくR#2ですが，下位2bitが1であることに注意してください。表示画面との対応は図17のとおりです。カラー・テーブルの先頭アドレスはR#3とR#10にセットします。このモードでは，各パターンに1bitずつの属性を持たせてあり，このビットを1にすると，それに対応するパターンがブリンクします(図18)。カラー・レジスタはR#7とR#12で，R#7は通常の表示の通りですが，ブリンク指定のときは，R#7とR#12の色を交互に表示することになります。この切り替え時間は，R#13にセットします。下位4bitがOFF Time，すなわちR#7の色が表示される時間の長さで上位4bitがON Time(R#12の色)となります。設定時間は，設定値×166.9msです。VRAM割付け例として，00000Hから，パターン・ネーム・テーブル，00A00Hからカラー・テーブル，01000Hからパターン・ジェネレータ・テーブルとするには，R#2に03H，R#3に2F$_H$，R#10に00H，R#4に02H，となります。次のページを02000Hから同様に割付けるとすると，最大16ページまで割付けできます。

さて，次回は残りのモードの設定方法と，コマンドの使い方を説明します。

参考文献
V9938 MSX－VIDEO
テクニカルデータブック
アスキー・日本楽器

製品使用レポート パーソナルワープロ

NEC 文豪mini7G

「新製品，半年経てば粗大ゴミ」という冗談が，ほとんどリアルに感じられるこの頃，民生用ハイテク商品の代表ともいえるワープロも目まぐるしい世代交代を繰り返しています。３，４年前の旧型は，たとえ3,000円でも誰も欲しがらず，それどころか１年前の製品ですらディスカウント・ショップで定価の半値ほどにもなっています。

これはもちろん，性能の高度化のためでもあり，また，機能の多様化のためでもあります。一面では素晴らしいことですが，実用的なユーザーの立場では無条件に喜べない傾向でもあります。高性能化は大歓迎です。しかし，いわゆる〝多機能化〟は，果たして必要なのでしょうか？　たしかにメーカーとしては，アレもできます，コレも可能ですと宣伝物に謳えるため，製品の印象はハデになり，売れ線の追及はできるでしょう。しかし，多様化された機能以上にワープロ本来の日本語作成機能が進歩していなければ本末転倒でしかありません。数ある製品の中には，そのような(悪く言えば)キワモノもあるように思えます。

もっとも基本的な日本語作成機としての機能を，一般の個人でも買える価格内でギリギリまで追及した製品があってもいいのでは……と思っていたところに登場したのが，今回紹介するNECの文豪mini 7 G(以下ミニ７G)です。この機械は，パーソナル・ユースとしては，現在の技術レベルにおいて，かなり究極のワープロではないかと思います。基本機能は必要にして十分。通信，画像取り込みなどの付加機能については，すべてオプションで対応するという明確な発想も持っています。

「新しい」ミニ７

ミニ7Gは，ミニ７シリーズの３代目にあたります。初代は〝ミニ７〟次が〝ミニ7E〟，そして今回の機械です。私は初代が発売された時に行列に並んで買った組ですが，ハッキリ言ってイマイチの機械でした。第２水準漢字は使えず，プリンタは死にたくなるくらい遅く，文節変換オンリーで複合語を辞書に持っていないという，少なくとも原稿を書くには疲れる機械でした。２代目のミニ7Eになって第２水準も使えるようになりましたが，ほかの諸問題は未解決でした。そして，今度のミニ7Gに至って，これらのほとんどの問題は解決されています(新たに別の問題は発生していますが)。

多分，初代・２代目のミニ７はそれなりに〝究めた〟機械であったのだと思います。別の言い方を

〈写真１〉
文豪mini7G
の外観
(￥198,000)

すれば，改良の余地はなかったのか，あっても手間がかかり過ぎ，いっそのこと，まったく新しい機械を作った方が早い，ということで出きてきたのがミニ7Gだと思います。つまり，同じミニ７でも，旧型にくらべて内容（外見もですが）は全然別のワープロのように思えます。操作の基本的な方法は同一線上にあるものの，機械の動き(反応)は別物です。

普通だとここで，ミニ7Gの持つハデな機能，たとえばイラストが使えるとかイメージ・スキャナの話，カラー印字，計算機能やRS232Cでの通信機能，データ管理機能etc.を紹介して「科学は進歩しました」で終るわけですが，私は上に書いた理由で，日本語ワープロとしての，地味な，しかし本来の機能について，多少辛口にレポートいたします。

ディスプレイ，FDDなど

ミニ7Gのディスプレイは10インチのCRTです。旧型より１インチ大きくなり，編集画面の表示行数も5行増えて19行になりました(このほかにシステム表示行５行)。これは14インチ程度のCRTを用いたオフィス仕様機と同じくらいの表示行数です。当然，文字は小さくなりますが，決して見にくくはありません。CRTにノングレア・タイプを使っているからで，非常に気持ちよく，私がこれまでに使ったワープロのディスプレイの中ではもっとも疲労の少ないものです。文字が見やすいワープロを探している方には，迷わずお薦めします。この種のCRTは，どうしてオフィス用機に採用されないのでしょうか？

ディスプレイの右には２台の3.5インチFDDが装備されています。ミニ7Eまでは１台でしたから，これは進歩です。しかし現実には(このクラスの機械では)，FDDはぜひとも２台必要というものでもなく，有難味を感じるのはフロッピー間で文書ファイルなどをコピーするときくらいかもしれません。それにしても改良点であることはたしかです。

キーボードはJIS配列。入力方法によっては50音配列としても使えます。独立したテンキーがないことが惜しまれますが，このサイズでは仕方ないでしょう。各種の機能キーも上段に15個あるほかは文字入力キーの中に隠されており，[機能]キーまたは[シフト＋機能][拡張＋機能]で呼び出します。多少面倒な方法に思えますが，このように呼び出される〝隠れ機能キー〟に割り当てられている仕事は，文書の入力中や編集中には使わないものばかりですから不都合はまったくありません。

「ん」の入力と変換

ワープロに向かってする仕事の90%以上は文書の入力です。したがって，ほかにどんな〝多彩な〟機能が付いていようと，入力がしにくければ，ハッキリと悪いワープロです。入力のし易さは，メーカーがどれだけユーザーを考えているかで決まります。評価の基準はさまざまですが，私は指標のひとつとしてローマ字入力の際の，「ん」の処理方法を見ることにしています。

たとえば「今夜本屋に行く」をローマ字入力します。単純に考えれば〝konyahonyaniiku〟と打てばいいはずですが，これだと〝こにゃほにゃにいく〟と仮名表示されてしまいます。つまり，nと次のyがつながって認識されるためで，これを避けるためには〝kon'yahon'yaniiku〟としなければなりません。問題は'をどのような手段で入れるかです。

ミニ７では非常に簡単です。nの次にy以外の子音が入力されるとnは「ん」に確定されます。具体的にもっとも早い方法として〝nm〟と入れればいいわけです。つまり先程の例ですと，〝konmyahonmyaniiku〟と打ちます。他機種やワープロ・ソフトでは，とても苦しい解決策を用いているものも多く，xを入力したり，某オフィス機では，いちいち[ひらがな]キーを押してやらなければならないなど，感覚的にぎこちない操作が要求されています。ミニ７の操作はどこにも無理がなく，完全に二重丸の合格です。

入力した文章は，文節または連文節で漢字変換されます。特に必要がない限り，連文節での使用が多いでしょう。かな文字で32字まで一括入力が可能で，[変換]キーを押せば漢字(候補)かな混じり文になり，文節ごとに漢字決定をします。文節の区切りも大体適切で，辞書もこの方法に合わせて改良してあると思われます。もちろん学習機能付きですから，１ヵ月も使っていれば90%以上のヒット率まで飼い馴らせるでしょう。

ただ，一括入力の最大が32文字

というのは，時によっては少なすぎる気がします。私はいつも一括入力自動変換の機械を使っており，それに慣れているせいか，32字以上打ち込んでしまうことがしばしばでした。そんな場合，ミニ7Gは一切の警告なしに33字以降を無視してしまいます。せめてビープくらい鳴らしてくれても……。もちろん，私の使い方が悪いのでしょうが。

辞書の中には第2水準漢字を使った言葉も，ごく普通に含まれています。これで語彙は豊富になり完壁です(彙と壁は第2水準です)。また，変換や単語登録のスピードは驚くほど速く，そこらのオフィス機より数段上です。

半角と禁則

ミニ7Gで「偉い！」と思ったのは半角文字の処理です。1行の文章中に奇数個の半角文字が入った場合，一般の普及機では半角ツメはできず，半角文字の前後どちらかに半角分のスペースが空いてしまいます。ミニ7は初代からこの処理がしっかりしていて，高級機のような半角ツメが可能でした。しかし，ツメたことでできる行末の半角空きスペースが何にも利用できず，ただの白みになっていました。ミニ7Gではこの欠点が解消され，空いたスペースに半角分の文字や句読点が打てるようになっています。しかもその様子はディスプレイにそのまま表示されます。つまり，印刷されるのと同じ状態で表示されるわけです。これはとても大切なことです。もちろん，倍角文字なども，そのまま表示されます。イラストやグラフはその範囲の表示だけですが，これは大した問題ではありません。

しかし，せっかくここまでやったのに，と口惜しい思いをしたのが禁則。初代ミニ7から気持悪かった点ですが，印刷時には禁則が行われても，ディスプレイ上では一切禁則が効きません。句読点や閉じカッコなどが平気で行頭に表示されます。市販のワープロ・ソフト(スーパー春望など)でさえ，こんなことは起きません。印刷時には直るので一応はよいとしても，いわゆる字詰めで原稿を書くときなど，悪条件が重なると行数に違いが生じます。これはミニ7Gでまったく惜しい点です。

作成した文書は内蔵のプリンタで印刷されます。初代ではこれが非常に遅く，かなりイラついたものでしたが，ミニ7Gではだいぶ改善されています。印字ヘッドの動きも多少速くなり，印字モードも20字/秒の高品位モードと33字/秒の標準モードが選択できるようになりました(このスペックの数字を通常のプリンタとくらべるのは無意味です。ヘッドの動き方が違うからです)。どちらにしても速いわけではありませんが，個人レベルで使っている分には我慢できる速さです。希望を言えば，外付けで大型プリンタも使えればいいのですが……。

文書ファイルのコンバートなど

会社で大型の文豪を使っていて自宅ではミニ7G，そして文書ファイルを共用したい，などと考えている人もいるかもしれません。そんな処理も，文豪はとてもやりやすいシステムです。文豪3V以外とは12,000円のコンバータを介して文書のやり取りが可能です。他社のコンバータは数万円程度が普通ですから，これは格安です(ちなみに，コンバータには電源供給の必要はないそうです！)。また，文豪3Vとは，3V上にコンバートのソフトを走らせ，ファイルのフォーマットを変更します。どの場合も，外部との接続はRS232C端子で行います。

以上，ミニ7Gの実用的な概要の一部をレポートしました。ケナしたところもありますが，ほめるだけが能ではないので……。しかし総体的に言って，ミニ7Gは個人用としては完成度の高いワープロです。日本語作成機能と操作性を，限られた条件(サイズ，価格)の中で追及した結果であると思います。ただし，オフィス用，業務用としては考えてしまいます。というのはシステムの動きが遅過ぎるからです。これはミニ7Gになって新たに発生した問題で，たとえば，スイッチを入れてから文章を打ち込めるようになるまでに1分30秒くらい，また，文章を打ち終って，登録のモードにするまでにも1分以上かかります。ただ待っている1分の如何に長いことか！

膨大なシステム・データを，そのたびに移動させているからでしょうが，いかにも動きが重過ぎます。あるいはこれが8ビット機の限界なのかもしれません。その意味から，次のミニ7は16ビット機ではないか，と期待とともに予想しています。

(大塚　明)

製品使用レポート

“あいうえお”順 キーボード コンバータ

日本テクニカル工業 KEYCON

最近，ハンディーワープロと呼ばれる持ち運び可能なワープロが安く入手できるようになりました。また，仕事場や家庭にもマイコンが導入され，ますますキーボードに触れる時間が増しています。しかしここで問題になってくるのが，キーの配列です。

英数文字は大きく分けると，3種類のキーボードが存在しますし(JIS配置と呼ばれるものが2種類とASCII配置)，仮名にいたっては，JIS配置になっているものや，50音順，果ては自社開発の〝入力が数段簡単な〞配列と，ワープロ毎に配列が変わっています。

こうなると，折角タイピングが早くなってきたなと思っても，機械が変わる度にまた1から覚え直す必要があります。是非とも早い時期に統一されるといいのですが。

KEY CONとは

しかし，いま現在は統一されていないのが現実なのですし，何等かの自衛策を考える必要があります。

その1つの解決策が，**写真1**に示す日本テクニカル工業㈱（Tel.045-322-4400）のKEYCON（定価￥28,000）です。

KEYCONは，**図1**のようにPC-9801シリーズ（旧タイプはコネクタ形状が違うので改造の必要がある）の本体とキーボードの間に挿入するハードウェアで，キーボードの配列を再定義することができます。これをセットすることで，ハードの改造やソフトの改造なしで，仮名を50音順配置（**図2**）にしてくれます。

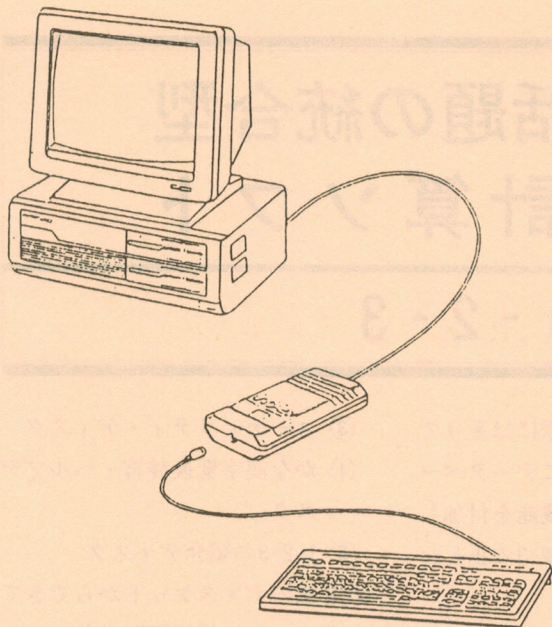
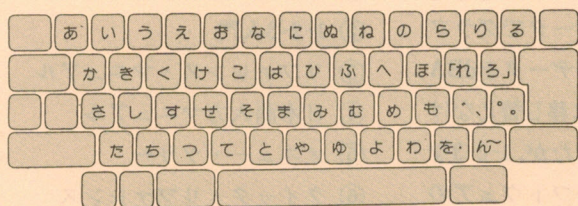
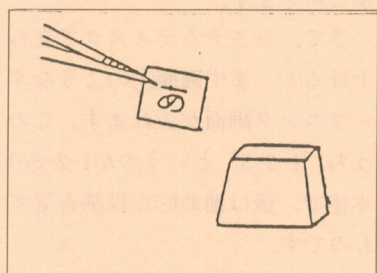
また，付属の〝あいうえお〞配列シールを**図3**の様にキーサイドに貼り付けることも可能です。

また，ユーザーがキーボードの再配置を定義することもできますので，例えばワープロを使い，親指シフトの仮名入力になれている人はその様に配置することもできます。

〈写真1〉KEYCONと付属の文字シール

使ってみる

キーボードの再配置ができると聞き，中を見てみたのですが，1チップCPUとROM/RAMが入っているだけの実に簡単な構成でした（**写真2**）。よく考えてみると，キーの再配置といっても単にコード変換するだけですから，それほど難しいことはないのでしょう。

使い方は，ディフォルトの50音

【図1】
PC-9801VM2と
KEYCONを接続

【図2】
"あいうえお"順の
キー配列

【図3】シールの貼り方

配置で使っている限りは，全く難しくありません。単にキーボードと本体の間にKEYCONを入れるだけで，本体のプログラムの改造なしで50音配置を使うことができます。

実験的に，今この原稿を書いているワープロソフト一太郎で使ってみましたが，全く問題なく動きます。私自身は，今の98の仮名配置(JIS)になれていますので，かえって50音になると戸惑ってしまいますが，いつもワープロにローマ字で入力している友人に使ってもらったところ，これならすぐに仮名入力で使うことができて便利だとのことでした。

次に，キーボードのユーザー定義をしてみようと思ったのですが，残念なことに再定義用のPROGRAMが理解しにくく(キーコードを直接16進数で入力する必要があります)，なかなか難しくて苦労しました。もう少し簡単にできる再配置用のPROGRAMが付属しているとよりよいと思います(何せ，仮名を50音配置にするユーザーですから)。

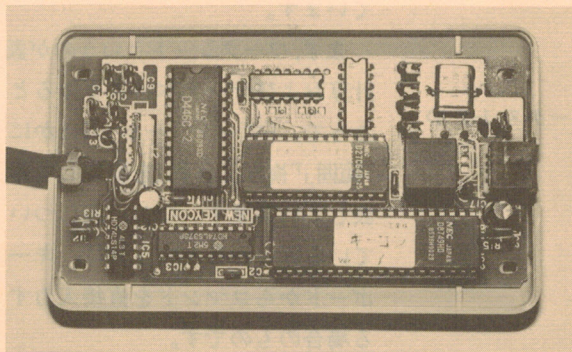
また，折角登録しても98の電源をOFFにすると，きれいに忘れてしまいます。できれば，バッテリー等でバックアップしてくれると助かるのですが。

＊

というわけで，私自身は98のキーになれているので，逆にそこらのワープロのキーを再配置する？KEYCONが欲しいところですが，もう1つ別の真面目な使い方もあります。

KEYCON特別仕様として，ノンシフトバージョンが準備されています。この仕様は，身障者がパソコンを使う上で最も問題になるシフト動作（2つのキーを同時に押す）をなくすことができます。このため，たとえ1本の指でもパソコンを使いこなすことができます。

パソコンも随分一般的になってきたことですし，こういった方面の応用がもっと進むことが必要だと思います。

（荘司　知也）

〈写真2〉
KEYCONの
内部

製品使用レポート

今話題の統合型表計算ソフト

ロータス 1-2-3

1-2-3のプロフィール

かねがね〝世界一売れているソフト〟といわれ，日本でのリリースが待たれていたLotus 1-2-3も，昨年9月に発売されてからすでに半年が過ぎました。

1-2-3は統合型表計算ソフトと呼ばれることでも分かるように，基本はMultiplanのような表計算ソフトです。そして，表計算機能にデータベース機能，グラフ作成機能が加わって統合型ということになっています。

私たちは，表計算といえばMultiplan，データベースといえばdBASE，グラフといえば Office Graph といったものを思い浮かべます。そして，統合型ソフトというとこれらを一緒にしたものといった印象を受けますが，実際にはそうではなく，表計算機能にデータベース機能とグラフ作成機能を付加したものというのが，1-2-3の正しい姿です。

でも，今までだとMultiplanで作ったデータをデータベースとして活用したり，そのデータでグラフを作ろうとすると，データをdBASEやOffice Grahpに移し替えなければなりませんでしたが，1-2-3ならばこれが1つのソフトウェアの上で可能となります。これは，大きな威力です。

では，1-2-3の具体的な紹介に入る前に，その全ぼうをつかんでおくことにしましょう。

1-2-3は2HD版の場合，

① システム・ディスク
② 予備システム・ディスク
③ ユーティリティ・ディスク
④ かな漢字変換辞書・ヘルプディスク
⑤ 1-2-3の紹介ディスク

の5枚のディスケットからできており，これに使用説明書として，

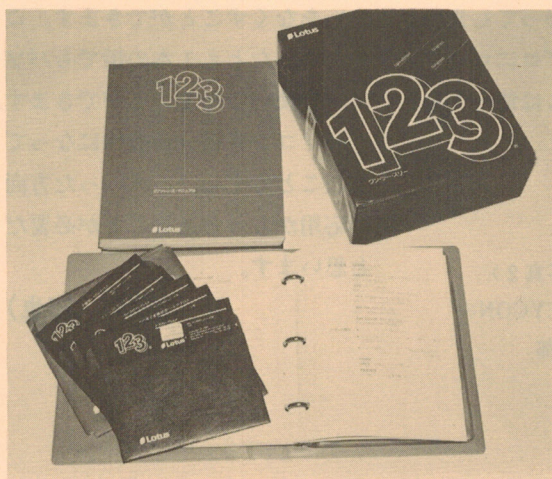
① さあ始めましょう 1-2-3
② 1-2-3入門
③ リファレンス・マニュアル
④ 日本語入力マニュアル
⑤ メニュー・ツリー
⑥ クイック・リファレンス

がついてます。

さて，システムディスクで立ち上げると，まず**画面①**のようなオープニング画面が表れます。このうち〝1-2-3〟というのが1-2-3の本体で，後は補助的な役割を果すものです。

では，1-2-3を選んでみましょう。

すると，**画面②**のようなメインメニューが出て，それから次々に下の仕事に下りていくようになっています。

まず，ワークシートというのが表計算およびデータベースを作るところで，「ワークシート」のほかに「範囲」「複写」「移動」を駆使して作表していきます。なお，頭についているWとかRというのは，キーボードからコマンドを直接入力する場合のものです。

〈ロータス 1-2-3〉

「ファイル」は，でき上がったデータファイルをディスケットとの間のやりとりする仕事をします。また，「印刷」はもちろんプリンターへの出力を行います。

この後，「グラフ」というのがグラフ作成機能，「データ」というのがデータベース機能です。

また,「システム」は1-2-3の内部からMS-DOSのコマンドを呼び出せるもので，この機能は使いようによっては役に立ちます。EXITで，また1-2-3に戻れます。

最後にある「終了」では，画面①のオープニング画面に戻ります。

メニュー・ツリーは本誌で数頁は必要なくらいぼう大で，それだけこの1-2-3の機能はものすごく豊富です。これは使うのが大変だと思われた方があるかもしれませんが，日常の使用にあたってそれらをみんな駆使しなければ仕事にならないということはありません(むしろ，一部分しか使わないといった方があたっているかもしれない)。マクロ機能を使えば仕事をまとめて処理できるようにすることも可能なので，心配はいりません。

1-2-3を生かして使う
データを考える

本論に入る前に，コンピュータで扱ういろいろなデータについてちょっと考えてみたいと思います。

まず，私たちのまわりにあるデータを大まかに整理してみると，たとえば金銭出納帳に記されているような数値データと，住所録に記されているような文字データに分けることができます。

そして，それぞれのデータはすでにお話したように目的に応じた

```
〔1-2-3〕 ワークシート、グラフ、データベースが作成できます。
1-2-3  Dディスク管理  C辞書管理  Tファイル変換  I環境設定  V紹介  E終了

                    日本語1-2-3
                    起動プログラム
             Lotus Development Corporation
                 Copyright (C) 1986
                 All Rights Reserved
                    Release 2J

この起動プログラムは、画面最上部の枠内に表示されているプログラムを、簡単
な操作で起動することができます。下記のとおりに操作してください。ディスク
交換のメッセージが表示された場合は、指示に従ってください。

1．左右の矢印キーを押して、起動したいプログラム名の上へ
   メニュー・ポインタ（明るいボックス）を移動します。
2．〔リターンキー〕を押すと、そのプログラムがスタートします。

各プログラムは、プログラム名の英語の頭文字を押しても起動できます。
（〔ヘルプキー〕を押すと追加情報が表示されます。）
```

【画面①】オープニング画面

ソフトで処理しており，多くの場合はこれで不便はなかったのですが…。

でも，よく考えてみると本来はデータベースの１つのレコードの中に，数値データや文字データがあって，数値データについては表計算的に，また文字データについてはデータベース的に処理するのが理想的な姿だと考えられます。そして,1-2-3はこのような使い方のできるソフトです。

カタログを見ると〝<1-2-3>はプランニング，分析，意思決定など多様な分野で威力を発揮します〞と記されており，その用途として

・経理……………………財務分析
・企画経営………立案・意志決定
・営業……顧客管理及び業積分析
・人事……………………労務管理
・研究開発……シミュレーション
・製造……………工程・生産管理

といったものを挙げています。これで分かるように，統合型ソフトというのはこういった多彩な仕事を要求されるデータを扱った場合に，その威力が発揮されるということでしょう。

もちろん，今までMultiplanで処理できていた単なる数値だけのデータを,1-2-3で処理することもできますが，表計算としての機能を使うだけで他の機能を使わないのであれば,これは1-2-3を生かして使っているとはいえません。

それでも,1-2-3は表計算機能だけをみても，Multiplanと同等かそれ以上の性能を持っていますから，その機能だけを利用してもいいでしょう。

でも,1-2-3は元々が表計算ソフトですから，データベース機能をdBASEなどと比べるのは酷というものです。ここのところは，よく理解しておく必要があります。

これからは，金銭出納帳を付けるときに金額の数字を入れるだけでなく，備考欄にもちゃんと記入して,1-2-3に入力する場合には文字データのほうも入れておくといいでしょう。

あるいはテストの成績一覧表でも，それぞれの生徒にコメントを付けておけば，表計算機能で点数の集計をしたあと，データベース機能でソースやサーチしたときに文字データが意味を持ってくることでしょう。もちろん，これでグラフも作れます。

ひととおり使ってみる

1-2-3はNECのPC-9801シリー

【画面②】1-2-3の入力画面(メインメニュー)

ズ用とIBMの5550シリーズ用がリリースされていますが，今回試用したのはPC-9801シリーズ用です。

PC-9801シリーズ用には5インチの2HD版と2DD版があり，ハードディスクもサポートしています。

最小メモリー容量は384kが必要で，マウスが使用でき，プリンタはNECのほかにエプソンとキャノンをサポートしています。

日本語入力用のフロントエンドプロセッサは松茸とVJEが標準装備で，1-2-3を立ち上げると自動的にかな漢字変換モードに入ります。

他のフロントエンドプロセッサも組み込み可能ですが，その場合には切り替えは手動となります。今回の試用では松茸を使ってみましたが，使い勝手はよく，おかげで松茸をマスターできました。

他のソフトとのデータの交換は，Multiplan, Super Calcからのファイル転送，またdBASEII/III，桐，楓，Symphonyなどとの間の両方向ファイル転送が可能で，アスキーファイルの読み込みも可能となっています。

そのほか1-2-3の特徴をいくつか紹介してみると，

・超高速計算，シミュレーション(8087をサポート)
・50音順ソートを実現
・10タイプのグラフ処理
・親切なヘルプ機能

などが上げられます。132Kbytesも使用しているヘルプ画面(123. HLP)は，とても充実したものになっています。

＊

テストに使用したハードウェアはPC-9801E(640K実装)＋LFD-590＋NM9300，このうちNM9300の対応に問題があって(P.118参照)，ロータス デベロップメント ジャパンの電話相談窓口(カスタマーサポート110番，☎03-436-4110)にアドバイスを求めるという一幕もありましたが，何人かおられる女性の応対も的確で，整理もよくできているように感じました。

さて，まずマニュアルを読むことから始めなければなりませんが，"さあ始めましょう"を読んだところでスイッチ・オン，環境設定を済ませたところで，メニュー・ツリーとクイック・リファレンスを片手にさっそく試用を開始しました。

1-2-3をマスターするには，まず"1-2-3の紹介ディスク"に入っている例を見ること，それに"1-2-3入門"に紹介されている使用例を最後までやってみるのが早道です。なお，紹介ディスクはいちいちデータの内容を見る必要はなく，コマンドの与え方とか画面のイメージをつかむのに利用します。

というわけで，私も1-2-3に何か仕事をさせてみることにしました。

用意したデータは，いろいろ考えた結果，私の趣味の1つであるアマチュア無線をテーマにした"世界のアマチュア無線統計"とすることにしました。なお，このデータの出典はIARU(世界アマチュア無線連合)が発表した1986年のものです。

●作表する

画面①のオープニング画面で1-2-3を選ぶと，いきなり作表用の画面になります。画面②は，1-2-3のメインメニューを呼び出してあります。これはハードコピーでプリントしたものなので見えませんが，CRTのスクリーンにはセルがハイライトで見えています。

まず，セルの概念はMultiplanと同じで，行と列があり，行のほうには1，2，3…，列のほうにはA，B，C…というようにアドレスが付いています。セルの指定は，この行列(実際にはA4とかF7というように列行の順序で指定する)で行います。

ワークシートの広さは，なんと8192行×256列という巨大なものです。これだけの広さがあれば，たいていのデータは納まるでしょう。

1-2-3のデータベース機能を使う場合には，行がレコード，列がフィールドとなります。そして，各列の最初におく見出しは，データベースのフィールド名になりますから重要です。ちなみに，行についている1，2，3…という番号が，レコード番号ということです。

画面③は，見出しを作って，国名というフィールドにデータを入力したところです。

1行目には「世界のアマチュア無線統計」というタイトルが入っていますが，漢字モードではセルの幅を気にすることなく入力することができます。セルをはみ出した分は，自動的に次のセルに続けて入ります。なお，セルの幅の既定値は10(漢字で5字分)ですが，これは自由に変えられます。

では，入力の終った**画面④**を見ながら説明を続けましょう。

入力を行う場合，数字であるか文字であるかの判断はソフト側で自動的に行われますが，指示を与えることによって数字を文字として入力することもできます。Regionというフィールド(B列)は，数字を文字として扱った例です。

次の〝局数〟と〝従事者数〟というフィールドは，すべて数字になります。ここでは指示をすることによって，カンマ付けや小数点以下の処理を自動的にやらせることができます。

ここでちょっと画面④を見てください。ワークシートが広がってスクロールしてくると，見出しが隠れてしまうことになりますが，この場合には画面分割を使って見出しを画面に残しながらスクロールさせることができます。なお，**画面⑤**ではA列だけを残していますが，もちろん行についても画面分割ができ，分割した2つの画面を単独にも，また連動させてスクロールすることもできます。

ここでちょっとつまずきました。というのは，最初，分割した2つの画面の切り替え方法が分からなかったのです。考えることしばし，ファンクションキーを見たら〝窓切り替え〟というのがありました。そこで教訓を1つ，〝つまずいたら，ファンクションキーにも注目しよう〟です。

では，入力を続けましょう。年令制限のところは数字で入力を始めたのですが，〝なし〟というのが出てきてしまいました。

このようなとき，後でデータベース機能を使うときに，このフィールドを利用する場合には文字なら文字，数字なら数字で，しかも入力のフォーマットも統一しておかないとソートやサーチといったことが正しくできません。そのようなわけで，このフィールドでは数字も文字として扱っています。

最後の〝第三者通信〟のフィー

【画面③】国名というフィールドにデータを入れたところ

【画面④】データの入力を終ったところ

【画面⑤】画面分割して国名を残しながら入力しているところ

世界アマチュア無線統計

国　名	Region	局　数	従事者数	年齢制限	第三者通信
デンマーク	1	11,000	11,000	15	不可
フランス	1	15,000	16,000	16	不可
西ドイツ	1	54,321	52,759	14	不可
イタリー	1	31,003	31,000	16	不可
オランダ	1	13,953	13,749	なし	不可
スペイン	1	36,137	36,536	15	不可
スウェーデン	1	10,862	10,204	14	不可
ソ　連	1	45,000	75,500	16	不可
英　国	1	53,000	53,000	14	不可
アルゼンチン	2	35,000	24,000	12	可
ブラジル	2	46,000	46,000	14	可
カナダ	2	23,600	23,000	なし	可
米　国	2	418,605	415,856	なし	可
オーストラリア	3	15,941	15,000	16	可
インドネシア	3	40,000	40,000	なし	不可
日　本	3	703,204	1,368,083	なし	不可
合　計	－	1,552,626	2,231,687	－	

87/02/07　10:18 PM

【画面⑥】局数と従事者数の合計を出してみた

世界アマチュア無線統計

国　名	Region	局　数	従事者数	年齢制限	第三者通信
デンマーク	1	11,000	11,000	15	不可
フランス	1	15,000	16,000	16	不可
西ドイツ	1	54,321	52,759	14	不可
イタリー	1	31,003	31,000	16	不可
オランダ	1	13,953	13,749	なし	不可
スペイン	1	36,137	36,536	15	不可
スウェーデン	1	10,862	10,204	14	不可
ソ　連	1	45,000	75,500	16	不可
英　国	1	53,000	53,000	14	不可
アルゼンチン	2	35,000	24,000	12	可
ブラジル	2	46,000	46,000	14	可
カナダ	2	23,600	23,000	なし	可
米　国	2	418,605	415,856	なし	可
オーストラリア	3	15,941	15,000	16	可
インドネシア	3	40,000	40,000	なし	不可
日　本	3	703,204	1,368,083	なし	不可
合　計	－	1,552,626	2,231,687	－	－

87/02/07　10:32 PM

【画面⑦】ケイ線を引いてみたらグッと表らしくなった

ルドは問題ありません。

●計算をさせてみる

データが揃ったところで〝局数〟と〝従事者数〟のところの数の合計を出してみることにしました(**画面⑥**)。

局数のほうを例にとると，まず合計を入れるところ(C20)にセルを移し，計算のための数式(@SUM)を入力します。この例では，計算式は@SUM(C4..C19)となります。ちなみに，1-2-3では90以上の関数が用意されており，@SUMもその1つです。今回は関数はこの@SUM(合計計算)しか使いませんでしたが，実際には関数を駆使しながらいろいろな仕事をさせることになります。

●ケイ線を引いてみる

1-2-3には8種類のケイ線が用意されており，これが行間に引けます。

ケイ線の引き方はまことに簡単で，ケイ線の種類を指定した後，外枠，横線，縦線が面白いように引けます。引いたケイ線の削除や変更も，簡単に行えます。全体にケイ線を引いたところを，**画面⑦**に示しておきます。

ここまで終ったところでファイルにセーブすることにしました。セーブする場合，ドライブの既定値はA：ですが，これは「ディレクトリ変更」で変更できます。

なお，セーブしたファイルには，WJ1という拡張子が自動的に付きます。

●ソートしてみる

セーブしたファイルを再び呼び出し，〝局数〟のフィールドをキーとしてソートしてみました。

結果は**画面⑧**のとおりで，ごらんのとおりきれいにソートされています。

なお，キーは3つまで指定でき，マルチソートが可能です。

このようにソートした後の表は新しい別の表になりますから，もし必要があれば新しいファイル名でセーブしておきます。

なお，国名のところを50音順でソートしてみましたが，まずカタカナでアイウエオ順にきれいに並び，その後に漢字が続くという結

世界アマチュア無線統計

国　名	Region	局　数	従事者数	年齢制限	第三者通信
スウェーデン	1	10,862	10,204	14	不可
デンマーク	1	11,000	11,000	15	不可
オランダ	1	13,953	13,749	なし	不可
フランス	1	15,000	16,000	16	不可
オーストラリア	3	15,941	15,000	16	可
カナダ	2	23,600	23,000	なし	可
イタリー	1	31,003	31,000	16	不可
アルゼンチン	2	35,000	24,000	12	可
スペイン	1	36,137	36,536	15	不可
インドネシア	3	40,000	40,000	なし	不可
ソ　連	1	45,000	75,500	16	不可
ブラジル	2	46,000	46,000	14	可
英　国	1	53,000	53,000	14	不可
西ドイツ	1	54,321	52,759	14	不可
米　国	2	418,605	415,856	なし	可
日　本	3	703,204	1,368,083	なし	不可
合　計	－	1,552,626	2,231,687	－	－

87/02/07　11:48 PM

【画面⑧】局数のフィールドでソートしてみたところ

	国　名	Region	局　数	従事者数	年齢制限	第三者通信
4	スウェーデン	1	10,862	10,204	14	不可
5	デンマーク	1	11,000	11,000	15	不可
6	オランダ	1	13,953	13,749	なし	不可
7	フランス	1	15,000	16,000	16	不可
8	オーストラリア	3	15,941	15,000	16	可
9	カナダ	2	23,600	23,000	なし	可
10	イタリー	1	31,003	31,000	16	不可
11	アルゼンチン	2	35,000	24,000	12	可
12	スペイン	1	36,137	36,536	15	不可
13	インドネシア	3	40,000	40,000	なし	不可
14	ソ　連	1	45,000	75,500	16	不可
15	ブラジル	2	46,000	46,000	14	可
16	英　国	1	53,000	53,000	14	不可
17	西ドイツ	1	54,321	52,759	14	不可
18	米　国	2	418,605	415,856	なし	可
19	日　本	3	703,204	1,368,083	なし	不可
20	合　計	－	1,552,626	2,231,687	－	－
21						
22	国　名	Region	局　数	従事者数	年齢制限	第三者通信
23		1			14	

09:13 AM

【画面⑨】22行と23行に検索や抽出用条件の設定をしたところ

C35: [W\~10]

英　国	1	53000	53000	14	不可
西ドイツ	1	54321	52759	14	不可
米　国	2	418605	415856	なし	可
日　本	3	703204	1368083	なし	不可
合　計	−	@SUM(C4..	@SUM(D4..D1	−	−

国　名	Region	局　数	従事者数	年齢制限	第三者通信
		+C4>30000			不可

国　名	Region	局　数	従事者数	年齢制限	第三者通信
イタリー	1	31003	31000	16	不可
スペイン	1	36137	36536	15	不可
インドネシア	3	40000	40000	なし	不可
ソ　連	1	45000	75500	16	不可
英　国	1	53000	53000	14	不可
西ドイツ	1	54321	52759	14	不可
日　本	3	703204	1368083	なし	不可

87/02/08　10:48 AM

【画面⑩】局数3万局以上，第三者通信不可という条件でデータを抽出してみた

【画面⑪】局数5万局以上を棒グラフにしてみた

果になりました。もし読み方で全体をアイウエオ順に並べ替えたい場合には，欄外(今までの例であればG列以降）にカタカナでソート用のフィールドを用意し，これでソートします。その後でソート用のフィールドを削除すれば，国名が50音順に並んだ新しいデータが完成します。

●検索と抽出

メニューの「データ」の下のコマンドに「問い合わせ」があり，これはデータベース機能の重要な仕事である検索や抽出を行います。

これらの仕事をさせるときには，まず範囲を決めます。このとき，フィールド名となる見出しも，ちゃんと範囲に含めなければなりません。その後，検索や抽出の条件を「条件」のところで設定し，仕事にかかります。

条件の設定は，別にレコードを用意して(表からいえば，欄外ということになる)，そこに**画面⑨**のようにフィールド名と条件を用意します。

画面⑨は「Region」が〝1〞，「年令制限」が〝14〞のデータを検索するよう条件を設定した例で，検索の結果はセルを上下に移動させたときに，条件に合致したところだけがハイライトで表示される(条件に合わないところはスキップする）ようになっています。

画面⑨で分かるように，ハイライトの帯は英国のところにあり，Regionは1，年令制限は14ということで，きちんと検索していることが分かります。

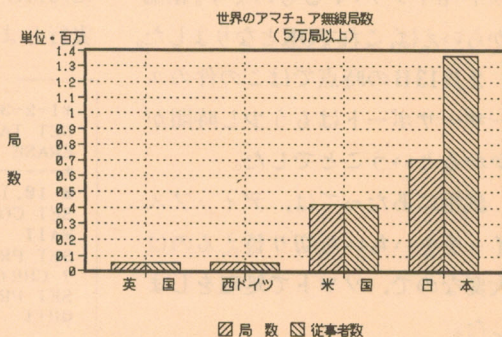
では次に，抽出をやってみましょう。抽出の場合には，最初に抽出したデータを納めるところを用意するという作業が1つ加わります。これも条件の設定と同じように欄外に用意します。

今度は**画面⑩**のように，局数が3万局以上(＋C4＞30000)で，第三者通信は不可という条件で抽出してみました。画面⑩でケイ線の下に条件があり，その下に抽出した結果が出ています。これでまた，新しいファイルができたことになります。不用なところを削除してセーブしておけばいつでも呼び出して使えますし，そのファイルでグラフを作ることもできます。

●グラフを作ってみる

世界アマチュア無線統計

国　名	Region	局　数	従事者数	年齢制限	第三者通信
スウェーデン	1	10,862	10,204	14	不可
デンマーク	1	11,000	11,000	15	不可
オランダ	1	13,953	13,749	なし	不可
フランス	1	15,000	16,000	16	不可
オーストラリア	3	15,941	15,000	16	可
カナダ	2	23,600	23,000	なし	可
イタリー	1	31,003	31,000	16	不可
アルゼンチン	2	35,000	24,000	12	可
スペイン	1	36,137	36,536	15	不可
インドネシア	3	40,000	40,000	なし	不可
ソ　連	1	45,000	75,500	16	不可
ブラジル	2	46,000	46,000	14	可
英　国	1	53,000	53,000	14	不可
西ドイツ	1	54,321	52,759	14	不可
米　国	2	418,605	415,856	なし	可
日　本	3	703,204	1,368,083	なし	不可
合　計	−	1,552,626	2,231,687	−	−

【画面⑫】画面⑧をプリントしたもの

【画面⑬】画面⑪をプリントしたもの

1-2-3には,10タイプのグラフが用意されています。では，一番簡単な棒グラフを作ってみることにしましょう。でき上がった**画面⑪**を見ながら，説明してみることにしてみます。

「グラフ」の下のコマンドは,「種類」,「X」,「A」…というように続いていますが，まず「種類」で棒グラフを選びます。

次の「X」はX軸につくラベルで,局数で5万局以上をグラフにすることにしたので，国名の英国(A16)から日本(A19)までを範囲として指定しました。

次の「A」からは，グラフにするデータの範囲を指定するもので,「A」には局数,「B」には従事者数を指定しました。

これでグラフは一応できるのですが，これでは裸のグラフで，タイトルや凡例がなく，なんのグラフだか分かりません。そこで,「オプション」によって凡例(一番下に見える局数と従事者数の区別)とタイトルを入れます。タイトルは,頭の見出しが2行まで入れられ,さらにX軸とY軸のタイトルが入れられます。画面⑩ではX軸は省略してあり，Y軸には局数という文字が入っています。

1-2-3では,このほか円グラフや積重ねグラフなど，表示範囲を指定することによって，いとも簡単にグラフが作れます。

最後に，画面⑧と画面⑪をプリントアウトしたものを**画面⑫**と⑬に示しておきます。

*

以上,1-2-3をひととおり使ってみましたが，まだ1-2-3の機能のほんの少しを利用してみただけにしかすぎません。1-2-3が本当の威力を発揮するのは，もっと大きなワークシートをマクロ機能を駆使しながら使うときでしょう。

なお,1-2-3の定価は98,000円となっています。　**(丹羽　一夫)**

NM9300での印刷について

私の使用したプリンタはNECのNM9300でしたが，印刷してみると文字やケイ線が不揃いになるというトラブルが起きました。

そこでカスタマーサポート110番に電話してみたら，NM9300については問題があり，プリンタのディップスイッチの1-1をOFF, 3-6をON, 3-7をOFFにして使ってみてほしいとのこと…。1-1のOFFというのは復帰改行をしない，3-6と3-7は基本ドット列ピッチを144ドット/8インチに変更(既定値は960ドット/8インチ)するものです。結論からいえば,これでOKとなりました。

2月13日の時点ではこの件のユーザーサポートはもう少し時間がかかるということでした。

試用にあたっては，ディップスイッチをいちいち切り替えるのは大変なので，ソフトで処理をしました。

まず，メニューツリーを見ると「印刷」の下のほうに「改行」というのがありますが，これを〝いいえ〟にする(私の場合,既定値がこうなっていた),これでディップスイッチの1-1に対する対応は終りです。

ドットピッチの切り替えは，とりあえず使いなれたdBASEIIを活用することにして，**プログラム①**のようなバッチファイルと，**プログラム②**のようなプログラムを組んで処理しました。

使い方は，まず1-2-3のメインメニューで「システム」を選んでいったんMS-DOSにもどり，PSETを実行します。これで，dBASEIIからドットピッチ切り替えのための制御コードを送り,EXITによって自動的に1-2-3にもどります。

この後「印刷」を選べば，画面⑫や⑬のように印刷できます。

dBASEIIはdBASEIIIを使うようになってから遊んでいたのですが，簡易言語と考えればこんな使い方もできます。dBASEIIはdBASEIIIに比べるとサイズが小さいので，こんな用途にも気軽に利用できます。

```
DBASE PSET
EXIT
```

プログラム②PSET.BAT

```
*1-2-3 NM9300 PRINTER SET      DBASEII      1987/2    KN
SET TALK OFF
ERASE
*-------------------------------
@ 10,17 SAY "ＮＭ９３００用の電源をＯＮ（ＯＫならリターン）"
SET CONSOLE OFF
WAIT
SET PRINT ON
? CHR(26)+"C"
SET PRINT OFF
QUIT
```

プログラム①PSET.PRG

製品使用レポート

ディジタル回路の波形観測用ロジックアナライザ

アスコム ロジアナ98

『ロジアナ98』という，なかなか愛敬のある名前のロジックアナライザがアスコム株式会社から発売されています。その名前からすぐに察しがつくように，これはNECのPC-9800シリーズのパソコンの力を借りて，ディジタル回路のロジック(論理)の変化の様子を観測する一種の測定器です。といっても『ロジアナ98』は**写真1**のように，パソコン本体の空きスロットに差し込むボードと，それを取り扱うソフトウェアから構成されていますので，測定器というよりもむしろパソコンアプリケーションツール(応用道具)といったほうがピッタリのものです。

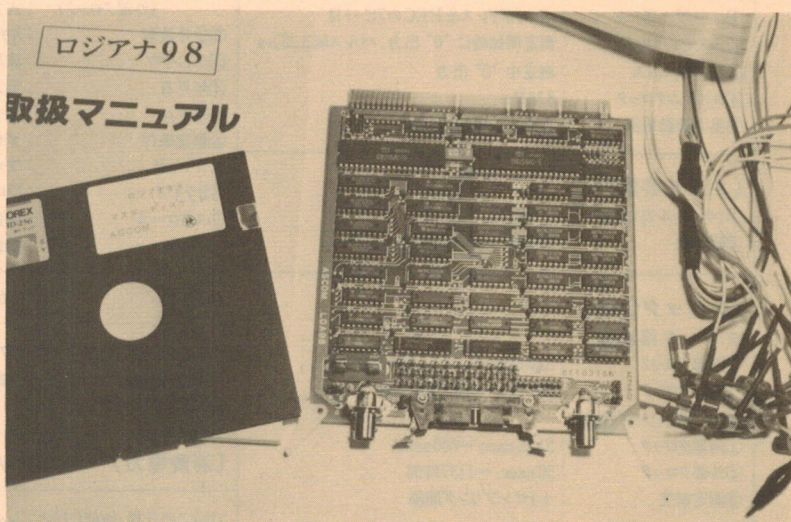
最近ではパソコンをうまく利用して，このような役に立つ使い方を提供してくれる商品が増えてきました。以前はパソコンがあってもそれにふさわしい使い道がほとんどなく，ゲームを楽しむのが関の山だったのですが，パソコンの性能が上がり機種が淘汰されてくるにつれ，用途開発も進んできました。

このようなパソコン応用の特徴は，例えばパソコン通信のように，ソフトウェアにちょっとしたハードウェアを付加したところにあるようです。今後はこういう用途開発がいっそう促進されると思われ，たいへん喜ばしいことではあります。

［ロジアナ98とは］

さてロジックアナライザといえば，ディジタル回路の試作やトラブル・シューティングなどに欠かせない重要な測定器ですが，何せ従来品は……ン百万円もする代物でした。ですから資金力のある大企業ならともかく，基盤の弱いベンチャー企業や筆者のようなアマチュアエンジニアでは宝くじにでも当たらない限り，手に入れるのは困難です。アスコムはそんな垂涎の的である測定器をわずか88,000円(基本セット)の値段で入手できるようにしてくれました。もっともPC-9801がなくては使えませんが…。

このロジアナ98の〝基本セット〟は写真のように測定ボード，測定プローブ，マスターディスケット，取り扱いマニュアルから構成されており，これで8チャネル(40チャネルまで増設可) のディジタル信号(スレショルドレベル=1.4V)の変化の様子が記録・分析・プリントアウトできるようになっています。

肝腎のサンプリング周波数は32MHz，つまり時間分解能は31.25nsとなっており，高級品と比べれば見劣りは避けられませんが，ソフトウェアが結構よくできており，

〈写真1〉「ロジアナ98」の基本セット

使い勝手のよさでロジアナ98のコストパフォマンスを大いに高めています。

ロジックアナライザに不可欠の〝プレトリガ〟機能はちゃんと備えられていて，トリガ後の様子だけでなく，トリガ以前の状態も分かるようになっています。そのメモリー配分はトリガ前と後とで半分ずつに固定されていますが，メモリー容量はそれぞれのチャネルに8,192ビットも用意されてますので，トリガ前後の状態がかなりの範囲にわたって知ることができ，何ら不自由を感ずるところはありません。

そのほかの主な特徴を挙げてみましょう。サンプリング周波数は外部からの供給も可能です(ただし最高20MHzまで)。波形観測のタイムスケール(時間目盛り)は1/2/5のステップで最長1,137時間(最大観測時間)まで設定できます。

トリガは任意のチャネルの立ち上がり／立ち下がりが設定できるほか，オートトリガ，外部トリガ，コンビネーショントリガ(いくつかの条件が一致したときに起動)，ディレーカウントトリガなどいろいろなトリガモードが選べます（一部はオプションです)。

また観測した波形をフロッピーにsaveしたり，loadすることができ，プリンタへの打ち出しも可能となっています。さらに波形を時系列的に拡大／縮小して見直すこともでき，カーソルで時間差(パルス幅)を調べることもできるようになっています。主な仕様・性能を**表1**に掲げました。

［使い勝手は抜群］

それでは実際にロジアナ98を動作させ，使い勝手を調べてみることにしましょう。

あらかじめフロッピーにオートスタート化の処理を施しておくと，パソコンの電源を入れると，すぐに波形観測可能な状態になります(ただし，PC-9801のCPUクロックは8MHzのモードにしておかないと正しい動作をしません)。

付属のプローブで観測したい信号ピンをつまみ，トリガ条件やタイムスケールなどをキーボードから設定します。これらの操作方法は画面に分かりやすく表示され，どのような操作ミスをしてもプログラムが暴走することのないようになっていますので，安心して使

〔入出力仕様〕

入力部	
①入力チャネル	:8本(基本セット)、最大40本まで増設可能
②外部クロック	:1本(測定プローブとBNCコネクタ選択可)
③外部トリガ	:1本(測定プローブとBNCコネクタ選択可)
④外部コントロール	:1本
⑤入力インピーダンス	:各入力とも1MΩ
⑥スレショルド電圧	:各入力とも+1.4V
⑦測定電圧範囲	:0～+5.5V(ロジック電圧)
⑧入力耐圧範囲	:−10V～+15V(サージ±40V)
出力部	
①ユーザーポート	:ポートアドレス&HECの7ビット目
②スタートパルス	:測定開始時に〝0〟出力、パルス幅2.25μs
③ビジーパルス	:測定中〝0〟出力
④システムクロック	:8MHz
⑤出力駆動電流	:各出力とも最大24mA

〔メモリ容量〕

①1チャネル当り容量	:8192ビット
②総容量	:327680ビット(40チャネル)

〔クロック仕様〕

クロック周波数	
①内部クロック	:32MHz～6.4Hz、1・2・5ステップ
②外部クロック	:20MHz～0.001Hz任意
サンプリング速度	
①内部クロック	:31.25nsec.～640sec.
②外部クロック	:50nsec.～1137時間
③測定精度	:±1サンプリング間隔

〔トリガ機能〕

①チャネルトリガ	:1～8の任意チャネル
②外部トリガ	:外部トリガ入力
③レベルトリガ	:↑または↓を選択
④オートトリガ	:オートトリガ、ノーマルトリガを選択
⑤コンビネーショントリガ	:最大16チャンネルまでの組み合わせトリガ
⑥ディレーカウントトリガ	:最大255回までのディレートリガ

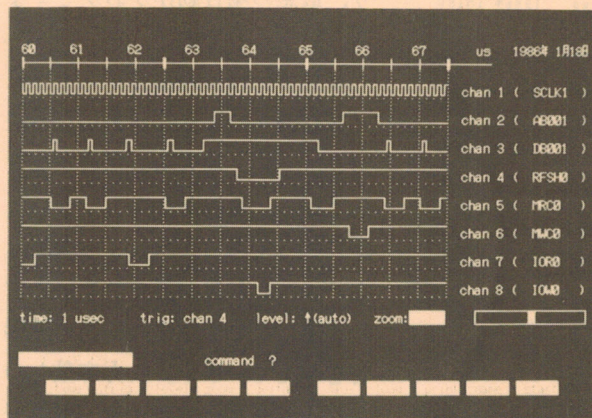
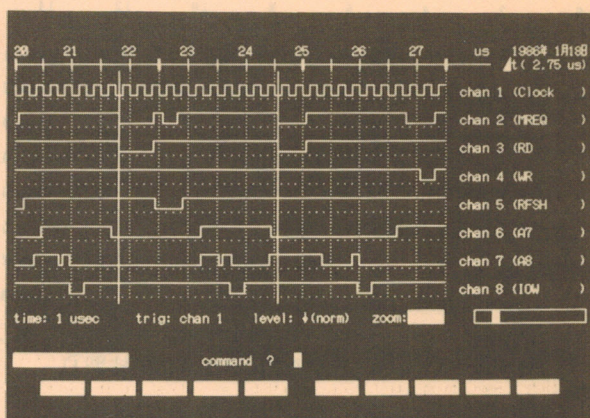
〔表示機能〕

①タイムスケール	
(内部クロック)	:100ns/div～5s/div. 1・2・5ステップ24切り換え
(外部クロック)	:入力周波数に応じて自動的に計算して表示
②信号波形	:8チャネルを同時表示
③ウィンドウ	:波形メモリ内における画面表示位置
④年月日	:測定時の年月日表示
⑤ネーム	:各チャネル毎に9文字まで信号名の書き込み
⑥測定条件	:タイム、トリガの設定条件の表示
⑦コマンド	:ファンクションキー表示
⑧ドライブ	:フロッピーディスクドライブの番号表示
⑨スクロール	:画面波形の左右移動
⑩ズーム	:画面波形の拡大、縮小表示
⑪カラー	:タイムスケール、波形等のカラー指定(任意の8色)
⑫Δt	:2カーソル間の時間表示

〔その他の機能〕 プリンタへのハードコピー、フロッピーへのセーブ／ロード／キル、自動測定、サンプル波形測定(PC-9801本体内波形の測定)、波形データの16進表示・波形エディタ、など

〔消費電力〕 +5V、500mA(代表値)

(注)この仕様・性能にはオプションを含む。

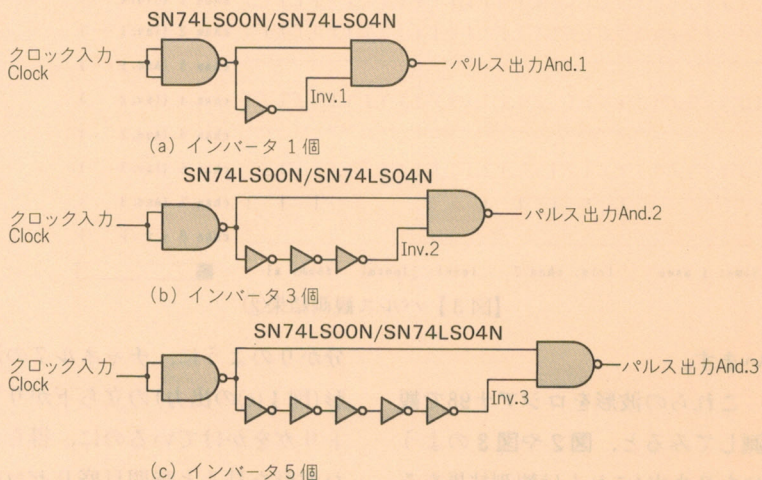
【表1】ロジアナ98の仕様・性能

〈写真２〉 PC-9801Vm2の内部波形観測例

〈写真３〉 使い勝手をテスト中の画面

えます。

面白いことに，ロジアナ98はPC-9801自身の内部波形がキー操作ひとつで試しに観測できるようになっており(**写真２**参照)，最初にこれをやっておくと動作テストにもなります(CPUのクロックを８MHzモードにし忘れても，デタラメな波形が表示されますのですぐにそれと分かります)。

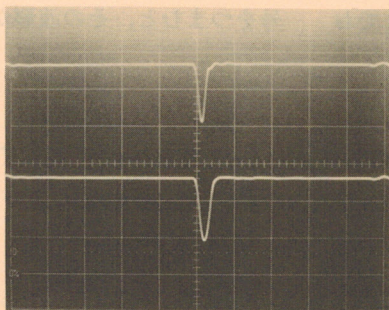
使い勝手の評価は，PC-8001の内部の波形を観測することで行ってみました。プローブでCPUクロックやMREQ, RD, WR, RFSHなどの信号ピンをつかみ，とりあえず，CPUクロックの立ち下がりでトリガをかけてみました。また時間軸の表示目盛りは１μsとしておきました。その結果が**写真３**です。

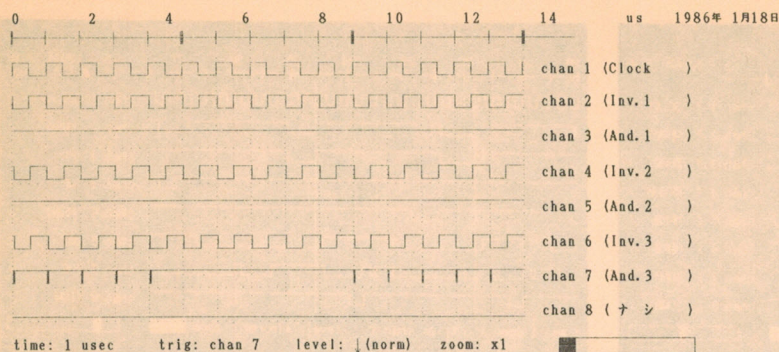
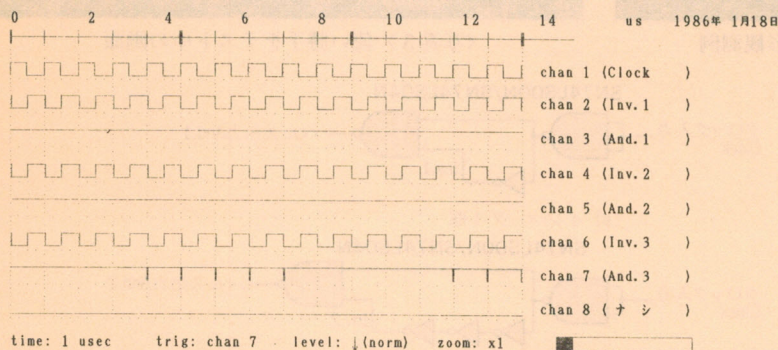
このテストで観測条件をいろいろ変更してみましたが，とにかく操作方法は分かりやすく，使い勝手は抜群でした。

ひとつだけ注文を付けるとすれば，せっかくここまでできたプログラムなのですから，画面の時間軸方向へのスクロールがもう少しきめ細かく，スムーズに行えるようにしてくれればなおよかったのではないでしょうか。

【図１】最小パルス幅検出テスト回路

[性能テスト]

ではハードウェアとしてのできばえはどうでしょうか。これを確かめるために，**図１**のような回路を組み，ちょっと意地悪なテストをしてみました。

図１の回路は左端からクロックを入れると，右端から負論理の極めて細いパルスが出てきます。このパルスは回路中に挿入した奇数個のインバータの信号伝搬遅延時間によって生じるもので，LSTTLを使うとTTLデータブックによれば１ゲートあたり10ns程度です。実際にオシロスコープで観測した結果は**写真４**のとおりで，５ゲートで30nsほどのパルス幅となって

上：インバータ３個による遅延パルス，2V/div
下：同５個による遅延パルス，2V/div
横軸：100ns/div

〈写真４〉
テストに使ったパルス波形

【図2】パルス観測結果①

【図3】パルス観測結果②

います。

これらの波形をロジアナ98で観測してみると，**図2**や**図3**のようになります(これらは観測結果をそのままプリンタに打ち出したものです)。結論を言うと図1(a)と(b)によって得られた波形(それぞれチャネル3と5に掲示)は全くロジアナ98にかからず，(c)の出力波形(チャネル7に掲示)が検出できたり，できなかったりでした。これは時間分解能が31.25nsというロジアナ98の性能からすればやむを得ないことかもしれません。

ただ不思議なことは，図3でお分かりのように，チャネル7の波形(図1(c)の出力)の立ち下がりでトリガをかけているのに，得られた波形を見ると時間目盛りゼロのところにあるはずの立ち下がりパルスが欠けているケースがあるのです。トリガの検出と波形をメモる回路が独立しており，応答速度に差があるから，こういうことになるのでしょうか。

もうひとつ気になる点は，パソコンの電源を落とした状態で(当然ながらロジアナ98の回路も死んだ状態で)プローブで生きた回路の信号をつまむと，その波形が歪んだり，最悪の場合動作がおかしくなるということです。

(a) 入力回路　(b) 出力回路

【図4】入出力回路

ロジアナ98の入出力インタフェースは**図4**のような回路になっており，一応，過大入力保護がなされていて，電源がかかってないときに誤って入力を入れても故障しないような対策が打たれていますが，逆にこれが相手の回路に悪影響を与えています。入力容量とのからみもありますが，入力保護抵抗をもう少し大きくしてもいいのではないか，という気がします。

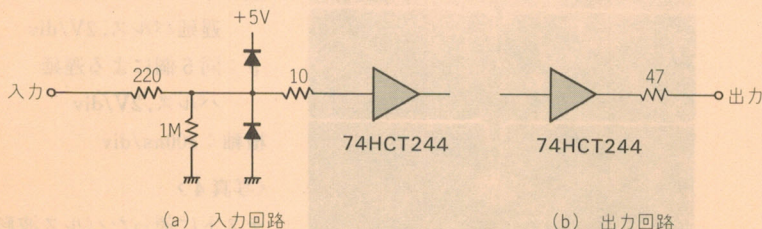
まあいずれにしても，電源を落としたままで使うことは，本来の性能とは関係のないことですから，いたしかたないかもしれません。

[全体の評価は良好]

かなり厳しいテストをしてしまいましたが，筆者はそれだけこのロジアナ98が気に入ってしまったからです。ディジタル回路の実験や，トラブルシューティングをする人にとって，手軽に使えるこのロジアナ98は，ぜひ利用していただきたいロジックアナライザです。

なお，㈱コンテックからも類似品が出ていますが，その中にディジタルストレージスコープという，アナログ波形の解析・測定ができるパソコンアプリケーションツールがありますので，近く本欄でとりあげてみたいと思います。

(逆瀬川 皓一朗)

アスコムKK　〒281千葉市花見川4-6-206
Tel. 0472-58-7032

CDプレーヤの音質をよくする技術

D/Aコンバータ
ZDサーキット

荒木　徹朗

1．はじめに

CDプレーヤは，高ダイナミックレンジに代表される性能の良さと使い易さで，発売以来4年余りで，ハード，ソフトの両分野で従来のアナログプレーヤを凌駕しました。

このように急激な速さで普及し始めたCDプレーヤに対して，一部のマニアから音質に対する不満が叫ばれ始めたのに歩調を合わせるかのように，ハード，ソフトの製造メーカーでもこの音質問題を取り上げ，原因の追求と改善を施こす種々の工夫がなされ，音質面でも優れたCDプレーヤや，ディスクが発売されるようになってきました。

アナログプレーヤのオーディオ特性よりはるかに優れた特性を有するCDプレーヤが，何故音質でアナログプレーヤに劣る場合があるのか，そしてまた，性能は標本化周波数と量子化ビット数で決まるため，機器間のバラツキも少ないと言われていたCDプレーヤの音質が，なぜ機器間で大きな違いがあるのか，についていろいろ検討した結果，その原因の一番大きなものがD/Aコンバータであるという結論とともに，音質評価の測定方法にも問題があるという結論を得ました。

そして我々は，このD/Aコンバータの問題を解決する方法として，ZDサーキットを開発し，ZD-6000に代表されるZDシリーズのCDプレーヤに搭載し，御使用いただいた方々から音質に対しての高い評価をいただくことができました。

ここではこのZDサーキットの内容について，A/D，D/Aの問題点も含めて述べさせて頂きます。

2．アナログ信号とディジタル信号

アナログ信号を電気信号に変換すると，図1に示すように時間と振幅の変動として表わせます。

一方ディジタル信号は，図の黒点で示すように，時間と振幅がともに離散的な信号です。

図のようにアナログ信号は時間と振幅が任意の位置をとれるのに対し，ディジタル信号は，標本化の時間に対する量子化の交点でしか表現できません。

このためアナログ信号をディジタル信号に変換した際には，この量子化のステップ幅によって振幅方向に誤差を生じます(丸め誤差)。

つぎに時間方向については，標本化定理に基づき，正確に情報を伝達するためには，標本化周波数を信号の最高周波数の2倍以上の周波数に設定する事が必要です。

ディジタルオーディオの標本化周波数は，人間の可聴周波数帯域を基に，CDプレーヤでは44.1kHzに決められていますので，（DATでは48kHzや32kHzも使用される）周波数特性上では，ほぼ満足できる特性を得ることが可能です。

これに対して量子化誤差は，量子化ビット数とA/D，D/Aコンバータの精度によって決まります。

このうち，量子化ビット数が有限なために量子化ステップ幅で発生する丸め誤差は，A/D変換時にディザ信号を印加することにより

【図1】

アナログ信号 — A/D変換 — ディジタル信号

小振幅ディザ

【図2】

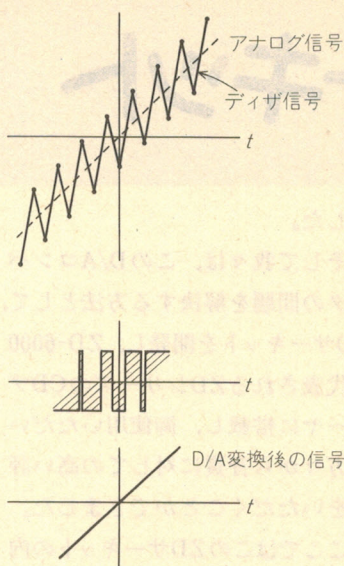
【図3】普通の量子化

【図4】小振幅ディザによる量子化

（次項参照）量子化ステップ以上の分解能で元の信号を再現することが可能です。

3．量子化誤差とディザ

量子化ステップ幅により発生する量子化誤差を低減する方法として，図2に示すようにA/D変換時にディザ信号を印加する方法があります。

この方法はアナログ信号をディジタル信号に変換する際，普通の量子化の場合には，図3のようにビット間の値の表現ができないので，（直線的に変化する信号が階段状になる）量子化誤差を発生します。これに対して小振幅のディザ信号を印加して量子化する方法では，図4（ディザ信号として特定の周波数の三角波を用いた場合）のように，アナログ信号の振幅でパルス幅変調された形で量子化されるため，量子化誤差は低減され，元のアナログ信号に近い信号の再現が可能になります。

このように理論上は小振幅ディザの印加により量子化ステップ以上の分解能を得ることが可能ですが，実際にはA/D，D/Aコンバータ自体のリニアリティーの悪さにより一般的なA/D，D/A変換に於ては量子化ステップの何倍にも相当する量子化誤差を発生します。

4．大振幅ディザによるA/D，D/Aコンバータの非直線性の改善

半導体製造技術の進歩によりA/D，D/Aコンバータの精度もかなり高くなってきましたが，それでも±2LSB程度の誤差を持っているため，有効量子化数の少ないローレベルの信号や，ハイレベルとローレベルのミックスされた信号のローレベル成分の変換に際しては量子化ステップの誤差の影響が顕著に現われます。

この量子化ステップの誤差によるひずみは，アナログ式のディスクや，テープレコーダのひずみとは異なり，信号レベルの大きさに反比例して大きくなります。

このA/D，D/Aコンバータ自体の非直線性により発生するひずみを低減する方法として考えられたのが，A/D，D/A変換時に大振幅のディザを加算，減算する方法です。

ここではこの大振幅ディザによるコンバータの非直線性改善の原理をD/A変換を例に説明します。

D/A変換におけるディザ信号の加算，減算システムのブロック図を図5に，動作説明図を図6に示します。

いまブロック図のD/Aコンバータとして，図6(b)のような変換ステップにバラツキを持った4ビットD/Aコンバータで考えることにします。

このD/Aコンバータに１０１０というディジタル信号データを入力すると，図6(a)の理想特性を持つD/Aコンバータの出力2.0Vに対して2.5Vという値を出力し，0.5Vの誤差を発生します。このデータに００００から１０１０までの間をランダムに，かつ一様な確率で変化するディザデータを加算すると，１０１０から１１１１の加算データになります。

これらの加算データをD/A変換すると，それぞれA，B，C，D，E，Fのようなアナログ値が出力されます。

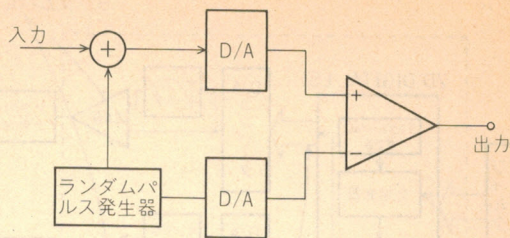
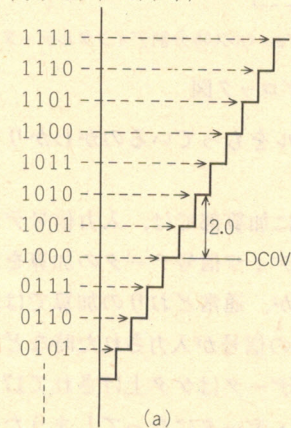
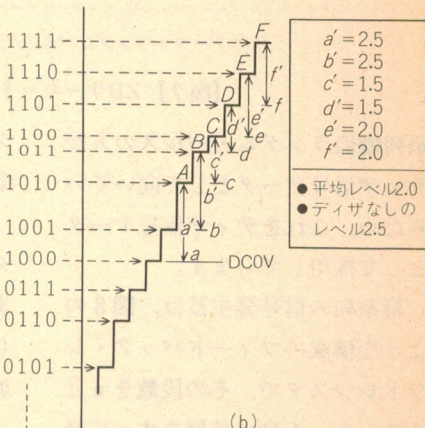
一方，ディザデータのみをD/A変換した値は，a，b，c，d，e，fとなりますから，A～Fのアナログ値から，それぞれに加算したディザデータに相当するディザのアナログ値を減算すると，a′=2.5V，b′=2.5V，c′=1.5V，d′=1.5V，e′=2.0V，f′=2.0Vの振幅を持つアナログ値が得られます。

このa′～f′のアナログ値が，ランダムにかつ一様な確率で出力されるとすると，このD/Aコンバータの平均出力は2.0Vとなり，期待値に一致します。

上述のようなディザによる変換ステップ平均化の効果は，連続的に変化する信号に対しても同様となります。

例えば，正弦波のような波形に相当するデータが入力された場合，大振幅ディザの加算および減算が行われていると，あるレベルを再生する交換ステップは特定の場所に限定されず，多くの変換ステップを使用して出力されるため，入力波形と変換誤差との相関がなくなり，ディザを加算しない場合に発生した高調波ひずみ電力が$\frac{1}{2}f_S$の帯域内に分散されます。

このとき，誤差の電力がディザ自体の周波数レスポンスと同様に，$\frac{1}{2}f_S$の帯域内に均一に分散されるとすると，サンプリング周波数f_Sを2倍にすることで可聴帯域内の誤差電力を約3dB改善できることになります。

したがってオーバーサンプリングの倍数を大きくし，それに同期させたディザの加算，減算を行えば，D/Aコンバータの変換誤差による可聴帯域内のS/N，およびダイナミックレンジの悪化を無視できる程度におさえることも可能になります。

なお，オーバーサンプリング無しでも，同一サンプル内で数回異なるディザの加算，減算を行えば同様の効果を得ることができます。

【図5】D/A変換におけるディザ信号の加算減算システムのブロック図

入力
D/A
D/A
ランダムパルス発生器
出力

【図6】ディザ動作説明図

5．ZDサーキットについて

ZDサーキットは以上述べたように，D/Aコンバータの非直線性（変換誤差）を改善し，音質の良いD/A変換システムを作ることを目的に開発したもので，その方法は図7のブロック図に示すように，D/A変換時にディザ信号をディジタル信号データに加算し，D/A変換後に減算するもので，D/Aコンバータ自体のもつひずみを，白色雑音に変換し，D/Aコンバータの変換精度を大幅に改善します。

このZDサーキットを実現するため，当社では専用LSIを開発し，ZDシリーズのCDプレーヤに搭載しています。

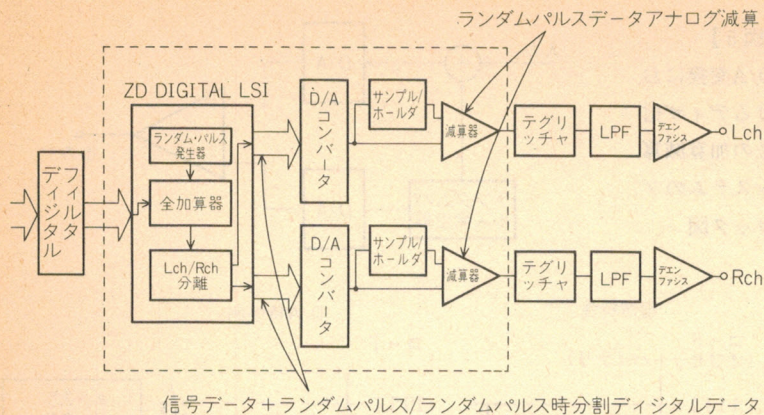
次にこのZDディジタルLSIの内容について説明します。

(1) ディジタル部

ZDディジタルLSIは大別して，ランダム・パルス発生部，加算部，そしてLチャネル，Rチャネル，分離部からなっています。

ランダム・パルス発生部は，ディザ信号に相当するディジタル・データを発生します。

このデータの発生方法としては，白色雑音をA/D変換する方法，そして，一般にM系列と呼ばれているMaximum Length Sequenceの発生器による擬似ランダム・パルスを用いる方法などがあります。

ある振幅において，ガウス分布する前者に比べ，一様分布するM

【図７】ZDサーキットのブロック図

系列擬似ランダム・パルスの方がディザ信号データとして向いているため，これをディザ信号データとして採用しています。

M系列の信号発生器は，図８のような構成のフィードバック・シフトレジスタで，その段数をnとすると2^n-1種の状態をすべて経由して元に戻ります。したがってnを十分大きくとっておけば，このデータをD/A変換したときに一定振幅を一様な確率で，かつランダムに変化するディザ信号が得られます。

図９が，ZDサーキットに用いているディザ・データをD/A変換した信号を，スペクトラム・アナライザで分析したものです。

可聴帯域内にほぼ一定のレスポンスをもった白色雑音に近いスペクトルをもっているのがわかります。

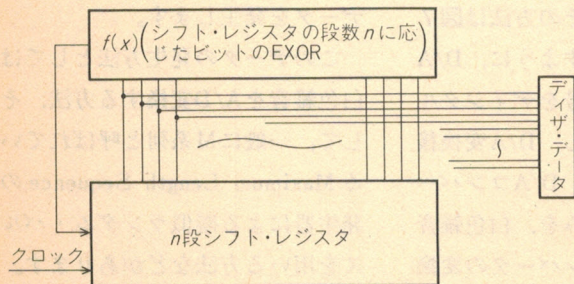
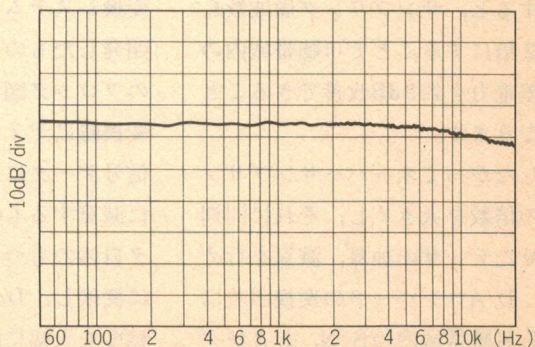
次に加算部では，入力信号データとディザ信号データの加算をしますが，通常どおりの加算では，0dBの信号が入力された時などは，加算データはケタ上げされて17ビット・データになってしまうため，17ビットD/Aコンバータを用いなければなりません。17ビットD/Aコンバータは生産量が非常に少なく高精度が要求されるため，コストも高く，民生用のCDプレーヤに搭載することは困難です。16ビット汎用D/Aコンバータを用いて，外部回路で１ビット増やす方法もありますが，この方法も温度ドリフト，ゲイン調整，S/Nなどの点で実現は非常に困難です。

この問題を解決する方法として，ZDディジタルLSIでは，信号データにディザ・データを加算した時に，オーバーフローの可能性を判断する回路を設け，可能性がある場合には，ディザ・データの加算減算を中止する方法をとっています。これにより16ビット汎用D/Aコンバータをそのまま使用可能としています（オーバーフロのレベルは全体のDレンジの1/16であり，実際の音楽が録音されているCDでは，このレベルまで信号が録音されていることはまれである)。

Lチャネル，Rチャネル分離部では，Lチャネル/Rチャネル独立のD/Aコンバータとするため，両チャネルそれぞれ，ディザ・データ/ディザ＋信号データの，時分割多重データに並べ変えを行っています。図10のタイム・チャートはこのタイミングを示したものです。

(2) アナログ部

アナログ部はサンプルホールダ回路とディザ減算回路からなっています。

サンプルホールダ回路では，D/Aコンバータから出力されるアナログ値のうち，ディザ信号のみの部分を一時記憶し，つぎにD/Aコンバータから出力される加算信号から減算器によってこの記憶されたディザ信号を減算し，信号のみの

【図８】M系列発生器

【図９】ディザ・スペクトル

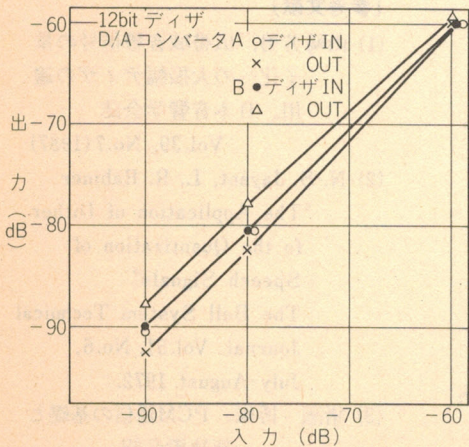
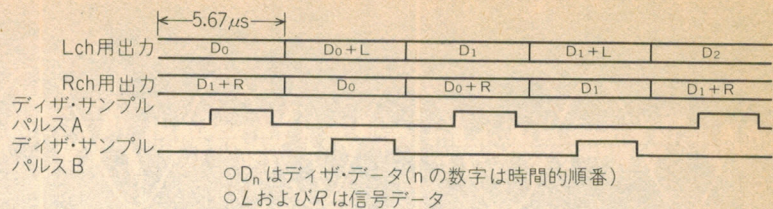
データを減算器から出力します。

一方，ディザ減算ゲインの設定は，入力ディジタル信号データを0とすると，D/Aコンバータには，ディザデータの部分と加算データの部分に同一のデータが入力されるので，減算器の出力のノイズレベルを最小となるようにゲイン設定することで，容易に最良点を得ることができます。

さらに，この時分割多重方式をとることにより，ディザの減算がD/Aコンバータの変換特性やゲインドリフトに左右されないばかりでなく，D/Aコンバータ自体のオフセット電圧もキャンセルできる効果が得られます。

これは，サンプルホールダ回路が，D/Aコンバータのオフセット電圧も含めて記憶するため，結果として減算器から出力される信号は，前後のデータの差分，すなわち信号データのみとなり，オフセット電圧は前後のデータの共通部分として，ディザ信号と共に減算されてしまうことによるものです。

したがって，サンプルホールダ回路，減算器，デグリッチャを含む後段の回路において発生する僅かなオフセット電圧をキャンセルできれば，DCから再生可能なD/A変換が可能になります。

一方，高精度の減算を行うため，減算器やサンプルホールダに使用する電子部品には，精度と安定度が要求されますが，本回路ではディザの振幅を12ビットとしているため，一般の金属箔抵抗や金属皮膜抵抗を使用することで，通常の使用条件下においては十分なS/Nを得ることが可能になっています。

【図10】ZDディジタルLSI出力タイムチャート

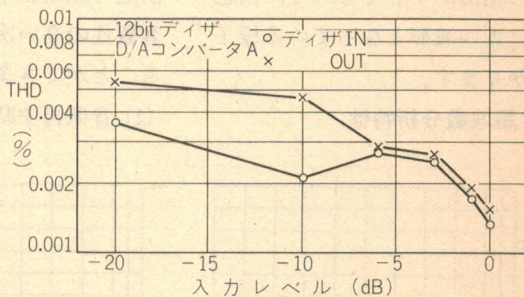
6．ZDサーキットの効果

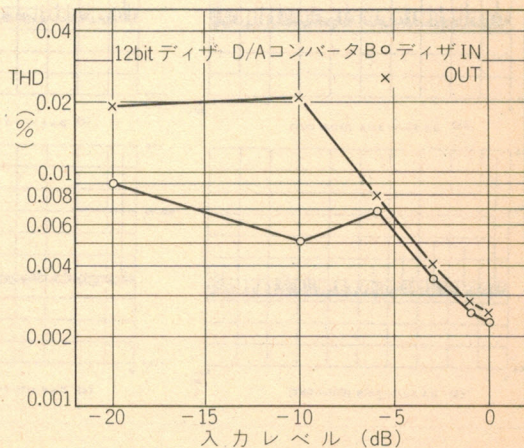
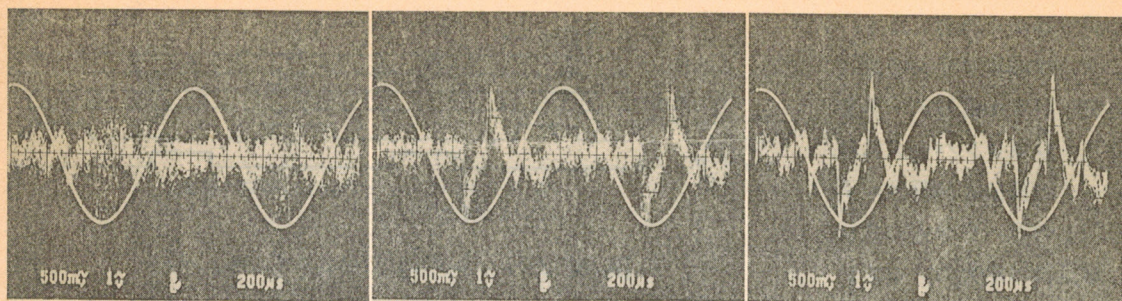
ZDサーキットの効果を，ごく標準的な特性を持つ16ビット・ラダー抵抗形D/AコンバータICを用いて測定したので，その効果を以下に示します。

(1) リニアリティー

図11は，D/AコンバータIC，A，B 2個に対するZDサーキットディザによるリニアリティー改善の様子を示したものです。

−60dB以下の微少レベルにおいて，通常状態で数dBにもおよぶ誤差を持っていたものが，ZDサーキットにより，A，B双方共，理想的特性に近い特性に改善されていることがわかります。

【図11】リニアクティー

(a) THD―入力レベル

(b) THD―入力レベル

【図12】THDの変化

〈写真１〉 −10dB, 1 kHzひずみ波形(D/AコンバータＢの場合)

(2) THD―入力レベル

図12は，入力レベルに対するZDサーキット（ディザ）の有無によるTHDの変化を示したものです。−10dB, −20dBといった大レベル域においても，ひずみ率の改善が見られます。

(3) ディザ振幅―ひずみ波形

写真１は，加算するディザの大きさに対する，1 kHz, −10dBの正弦波のひずみ波形の変化を示したものです。ディザの振幅が大きくなるにつれて，入力波とひずみ波形との相関が小さくなって，白色雑音に近い波形となっている様子がわかります。

(4) 周波数分析特性

図13はＡ，Ｂ２個のD/Aコンバータで，1 kHz, −60dBの正弦波を再生したときの，ZDサーキット（ディザ）による高調波のレベルの改善度を示したものです。ディザの加算によって，どちらのD/Aコンバータを使用しても，ほぼ同一の無ひずみ波形が得られていることがわかります。

【図13】 1 kHz, −60dBの周波数分析波形

7．聴感特性について

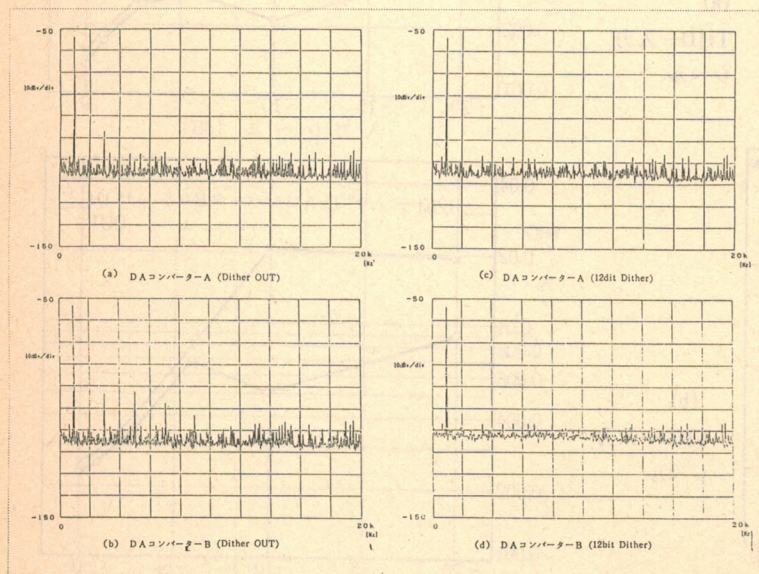
ZDサーキットを搭載したCDプレーヤで音質評価を行った結果，前述の測定結果とよく合致する，客観性の高い次のような評価を得ることができました。

(1) 音楽再生時のノイズ感が良好である。ZDサーキットはディザ用のサンプルホールダ回路と減算回路を持つため，S/Nに関しては従来回路に比較して若干不利となりますが，音楽再生時のノイズ感はこれとは逆に良好に感じられます。

特に小レベル時，テープヒスなどのソースノイズが聞こえるような場合では，ZDサーキットの無いシステムの方が，ノイズの高域成分が強調され，ノイズレベルが大きく聞こえます。

(2) 楽器の余韻に，不要な付帯音が無くなり，ザラついた耳につく音が改善されます。これはテストディスクの再生において明らかで，−60dB以下の正弦波の微小レベルの再生では，ZDサーキットによるひずみ感の改善が容易に判別できます。

〔参考文献〕

(1) 山崎芳男，広帯域音響信号の量子化への大振幅ディザの適用。日本音響学会誌 Vol.39, No.7(1987)
(2) N. S. Jayant, L. R. Rabiner "The Application of Dither fo the Quantization of Speech Signals" The Bell System Technical Journal. Vol.51, No.6, July-August 1972.
(3) 猪瀬　博編，PCM通信の基礎と新技術産報
ほか

高度化・多様化したディジタルビデオ技術

3次元特殊効果装置

3D-DVPの原理と構成

飯田博之

まえがき

近年，コマーシャル制作や番組制作の特殊効果は，ディジタル技術の進歩と共にますます高度化，多様化し，要求も平面的な2次元から，奥行きまで加えた3次元へと移り変わってきました。3次元では，2次元で表現できない斬新な効果が発生できる一方，操作するパラメータも多くなり，操作が複雑になる傾向です。

こうした背景から，当社において2次元の特殊効果装置で培った技術を駆使し，従来の2次元効果はもちろん，球や円筒などの形状表現ができる3次元特殊効果装置(3D-DVP)を開発，商品化しました。

ここで，3D-DVPを開発するときの問題点は，まず，実時間(1/60秒)で入力平面画像を3次元化するためのアルゴリズムの開発，ソフトウェアを追加するだけで，新たな3次元形状を追加できるような，汎用性を持ったハードウェアの開発，さらに，放送局にて用いられるために，高品位な画像を維持するためのハードウェア設計，最後に豊富なパラメータを容易に設定できる高度なマンマシンインタフェースの実現などがあります。

本稿では，これらの問題点の解決法などもふまえて3D-DVPの紹介を行います。

3D-DVPの特徴

新開発の画像処理用高速コンピュータ(Modeling Computer・MC)を3台並列に用いることにより，実時間で3次元画像の生成ができ，さらに，汎用性の高いハード構成と相まって，MCのソフトウェアを入れ替えるだけで新たな3次元効果を追加することができます。

また，この種の特殊効果装置におけるA/D変換器のビット精度は，8ビットというのが通例となっていますが，本装置においては10ビットのA/D変換器を採用し，高精度のディジタル・フィルタと相まって，高品位な効果画像を発生することができます。

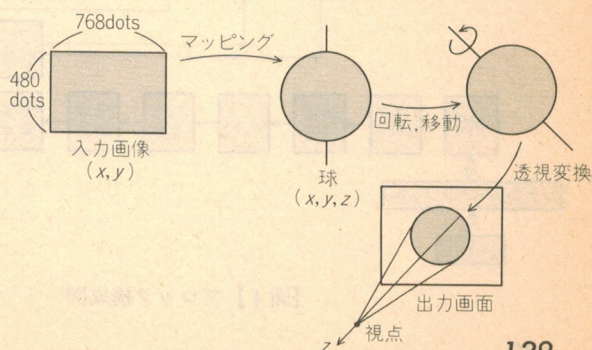
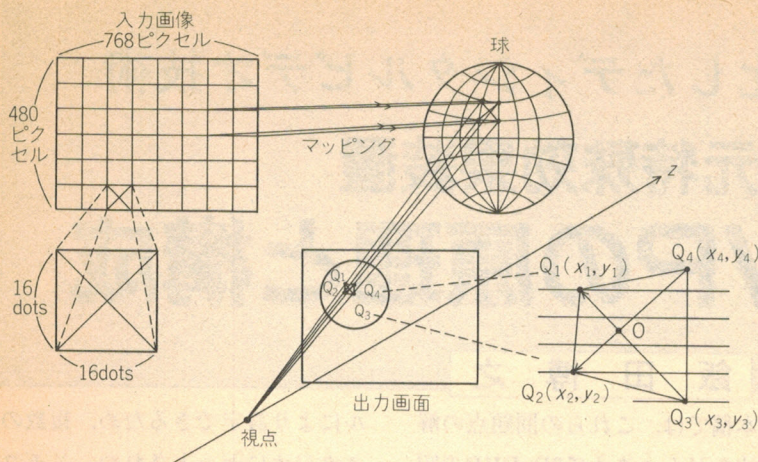
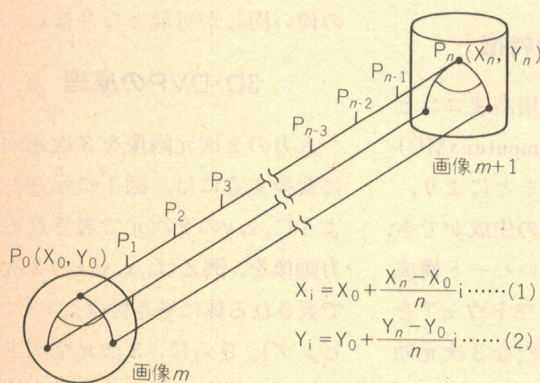
さらに本体側のアナログ部の設定を，離れたリモコン・コンソールにより設定できるため，複数のスタジオにセットされた，リモコン・コンソールから，1台の本体の使い回しが可能となりました。

3D-DVPの原理

入力の2次元画像を3次元画像に変換するには，図1に示されるように，x, yの2次元で表される入力画像を，例えば，x, y, zの3次元で表される球に巻き付けます(マッピング)。さらに，3次元空間上で，x, y, zに対して種々の演算を施すことにより，球の移動，回転などを行います。

最終的な出力画面は2次元であるため，z軸上のある点に視点を定め，その視点から3次元空間上の球を見たときに，出力画面上に映る球の2次元図形を求めることにより，2次元化します(透視変換)。

また，おもて面のみ出力画像として表示するために，球の表面に垂直

【図1】
形状生成
アルゴリズム

【図2】空間補間概念図

【図3】
線形時間補間

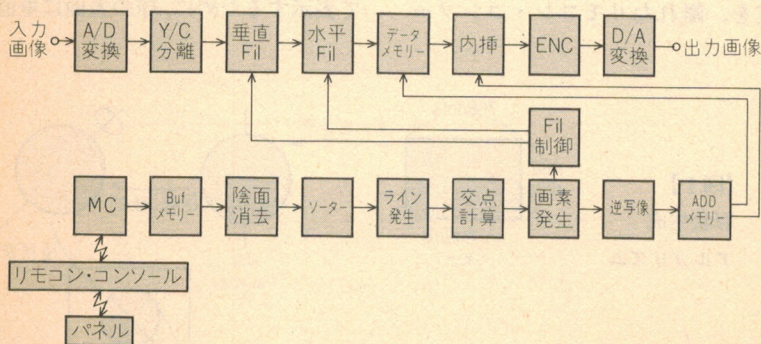
なベクトルが視点を向いているか否かの演算も合わせて行います。これらの演算を入力画像（768×400画素）すべてに対して施すとすると，汎用的なミニコンを用いても約100秒の演算時間を要します。そのため，これらの処理を実時間（1/60秒）で行うには，形状ごとにハードウェア化して高速に演算する方法，演算を汎用コンピュータで低速に行い，あらかじめディスクに格納し，ディスクを高速に読み出すことにより画像変換する方法などがあります。しかし，前者においては，ハードウェアがその効果ごとに必要であり，拡張性，コスト面で不利です。

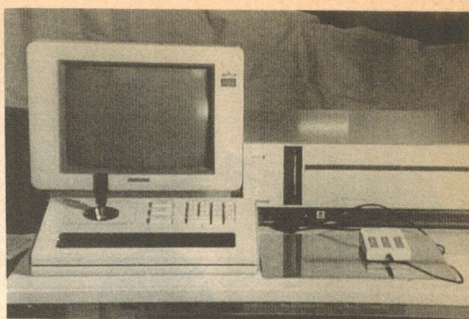
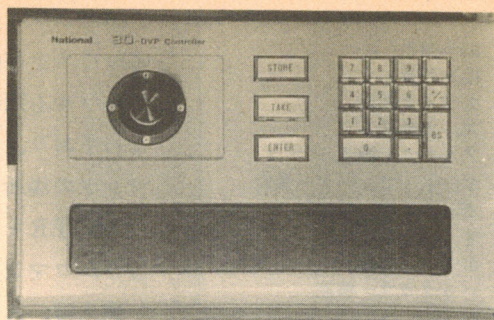
また，後者は作成した効果が即座に出力画像として確認できないので，対話的な効果作成という面からは不向きです。

そこで，本装置においては新たに開発した画像生成用高速コンピュータ：MCを並列に3台用いて高速マッピング演算を行うと同時に，図2に示されるように，通常ではディジタル化された入力画像すべてに対してマッピング演算を施さなければなりませんが本装置では，入力画像をメッシュ状に分割し，メッシュの各頂点のみをマッピング演算し，残りの部分はハードウェアにより線形的に空間補間することで演算時間を短縮します。それでもMCによる形状生成演算は，数フレームの時間を必要とするので，その間は，図3に示されるハードウェアによる線形時間補間を行うことにより，演算時間をかせぎます。このように，MC，空間補間，時間補間を用いることにより，実時間でマッピングが可能になりました。

3D-DVPのハードウェア構成

図4に本装置のブロック構成図を示します。2次元入力画像は，A/D変換器で10ビットのディジタル信号に変換され，Y/C分離回路によりY, I, Qコンポーネント信号に分離されます。これらの信号は，部分的に縮小された画像の折り返しひずみを除去するために，フィルタリング処理を垂直，水平方向に施します。フィルタリングされた画像データは，高速スタティックメモリーで構成された画像メモリーに書き込まれます。

アドレス発生部は，MCから出力されたマッピング演算結果が，

【図4】ブロック構成図

〈写真1〉
左：リモコンパネル外観
右：リモコン外観

入力画像をメッシュ状に分割したときの項点のみのアドレスであるため，空間補間回路を用いて，メッシュ内に含まれる画素アドレスを演算します。

さらに，MCから出力されるマッピング演算が，数フレームの時間を要するので，その間のマッピング演算は，時間補間回路が線形に補間することにより代行します。

同時に，マッピング演算されたメッシュの，入力画像に対する縮小具合を水平，垂直方向独立に演算することにより，フィルタの制御信号の演算を行います。

演算されたアドレスは，アドレスメモリーというテーブルに書き込まれます。アドレスメモリーから読み出された値は，画像メモリーに対する読み出しアドレスとなります。読み出された画像データは，補間回路により幾何学的ひずみの補正をされて，エンコーダにより複合信号に変換され，D/A変換器でアナログ信号となり出力されます。

制御系は，前述したMCを中心に，リモコン・パネル，リモコン・コンソールからなります。

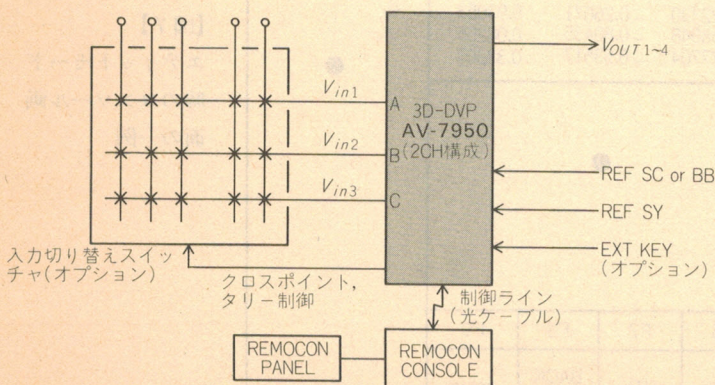
コンソールにはメニュー画面が表示されており，パネルからのコマンドやパラメータを解釈し，効果発生に必要なデータに処理し，DVP本体に送出しています。また，イベント・メモリーや補助記憶の管理を行います。

コンソール・パネルは形状のパラメータを入力する3軸ジョイスティック，数値入力用のテンキー，制御用の3つのキーから構成され，メニューにしたがって入力されたデータを整理して，コンソールに送出します。**写真1**にリモコン・コンソールとリモコン・パネルの外観を示します。

システム構成

3D-DVPは標準構成で1チャネル構成と2チャネル構成のシステムが可能になっています。

表1にチャネル構成の詳細を示します。

2チャネル構成においては，表面と裏面に別の動画をマッピングしたり，表面と裏面を透かしたりすることもできます。さらに，もう1つのモードを選択すると，2つの形状を同時に表示し，互いに別々の動きをさせることもできます。

【図5】 2チャネル構成のシステム構成例

(1) 1チャネル構成	
AD-DA棚	1式
DATA PROCESS棚	1式
ADD GEN棚	1式
MC棚	1式
POWER SUPPLY棚	2式
REMOCON CONSOLE	1式
CRTディスプレイ	1式
標準付属品	1式
(2) 2チャネル構成	
AD-DA棚	1式
DATA PROCESS棚	2式
ADD GEN棚	2式
MC棚	1式
POWER SUPPLY棚	3式
REMOCON CONSOLE	1式
CRTディスプレイ	1式
標準付属品	1式

(注) 2チャネル構成時にはAD-DA棚，DATA PROCESS棚のユニット構成が一部変わります。

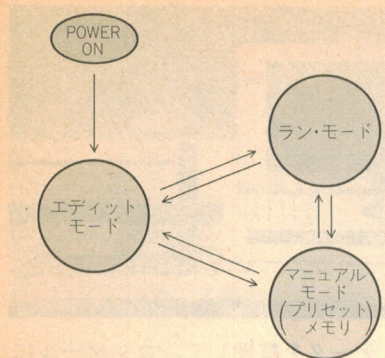
【表1】 チャネル構成の詳細

【図6】モード遷移図

図5に2チャネル構成のシステム構成例を示します。

機能及び効果

図6に本装置のモード遷移図を示します。マニュアルモードの中にはプリセットメモリー機能があり，2次元効果を容易に動作させることができます。通常のエディット・モードにおいて2次元効果を行うには，入力するパラメータ数が多く時間を要する場合があります。そのため，プリセット・メモリーにおいては，通常の2次元DVPと同様に効果波形を選択し，

①、縮小効果
②、拡大効果
③、スライド効果
④、ズーム効果
⑤、アスペクト機能
⑥、オート・フェーダー機能
⑦、ポジショナー機能
⑧、オーバーラン機能
⑨、ボーダー機能
⑩、バックカラー機能

【表2】プリセットメモリーの効果

ジョイスティックを動かすだけで，容易に2次元効果を実現することができます。

表2にプリセット・メモリーの効果一覧を示します。

エディット・モードは，効果イベントの作成，編集，イベントのかたまりであるブロックのハード・ディスクへのセーブ，セーブされたブロックのロードなどのブロック管理，アナログ回路のセットアップなどもこのモードで行います。

図7にエディット・モード時のコンソール画面の一例を示します。

ポインティング・デバイスであるマウスを移動すると，画面上のカーソルも同様に移動するようになっており，カーソルを必要なコマンドの場所に移動し，マウス上のENTERキーを押下することにより，コマンド選択を行います。

例えば，Aチャネルのキューブ効果の次に別の形状を追加するときは，コンソール画面上のエリア②のCUBEというイベントの下部にカーソルを移動し，マウスのENTERキーを押下することにより，エリア④に新たに挿入できる形状のメニューが表示されます。

次に，希望する形状名の上にマウスを移動し，ENTERキーを押下することにより，挿入すべき形状を選択します。すると，エリア④は，イベント間の遷移時間を尋ねるメッセージを表示するので，希望の値をテンキーにより，フレーム単位で与えます。この手順により新たなイベントが挿入できるので，それ以降は，エリア③に表

【図7】エディットモード時のコンソール画面の一例

示されているパラメータをマウスで選択し，形状の位置の移動，回転，縮小，拡大などの効果を付与し，希望の効果画面を得ます。

登録したイベントのかたまりはブロックと呼ばれ，名前が付加され，リモコン・コンソール内のメモリー上に展開しておくことができます。エリア⑤にブロック名の例を示します。この例では，6時のニュース用効果，11時半のニュース用効果，天気予報用効果がメモリー上に展開されており，カーソルを選択すべきブロック上に移動し，ENTERキーを押し下げることで，瞬時に選択されたブロックに切り替えることができます。

表3にエディット・モードの機能一覧を示します。

イベント編集は，前述のイベントの挿入，削除，交換，別ブロックからの複写，遷移時間の変更などを行います。ブロック管理は，作成したブロックに8文字までの名前と16文字までのコメントを付加し，ハードディスクに格納します。また，必要に応じて読み出したり，削除したりすることもできます。また，作成したブロックは，ハードディスク内で管理する以外にバックアップモードにより，3.5インチフロッピー内で管理することもできます。

テンキーは，遷移時間を入力するときに用いられますが，テンキーモードにすることにより，通常のパラメータを可変するときにもジョイスティックの代わりに，用いることができます。

一担作成したブロックの総遷移時間は，タイム・アジャスト機能により，各イベント間の遷移時間

①、イベント編集
②、ブロック管理
③、バック・アップ
④、テンキー/ジョイスティック
⑤、タイム・アジャスト
⑥、セット・アップ
⑦、トリミング
⑧、パース・ペクティブ
⑨、モデル
⑩、プリセット・ブロック
⑪、キューブ・ユーティリティ

【表3】エディットモードの機能

の比率を保持したまま，圧伸することができます。また，通常本体とリモコン・コンソール間は，離れて設置されており，入力信号により本体内のアナログ部の調整を行わなければならないとき，大変手間がかかります。しかし，セットアップ機能により，リモコン・コンソールから遠隔操作が可能です。

各効果形状は，いくつかのパラメータを持っており，通常，デフォールト形状では，あらかじめ決められた値がセットされています。しかし，モデル機能を用いて，そのパラメータのいくつかをジョイスティックで可変することにより，形状の変形が行えます。この機能を用いると，球を楕円体に変形したり，立方体を直方体に変形したりできます。

3次元物体を3次元空間内で，自転，公転させたり，任意の3点

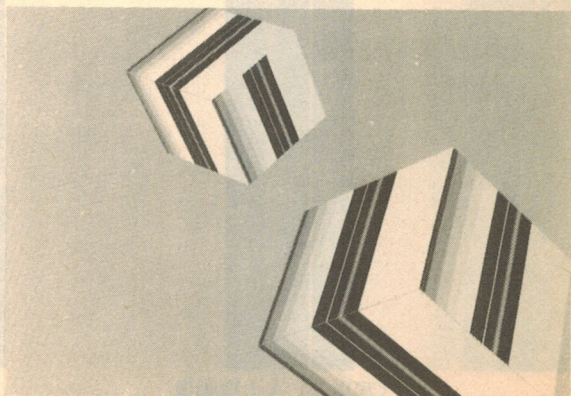
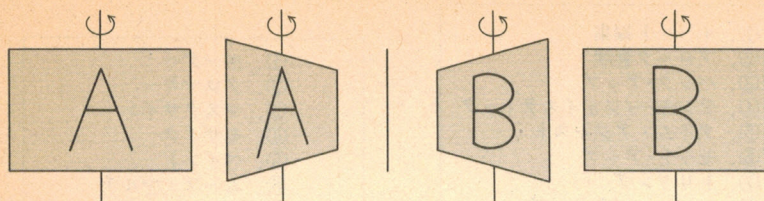
①、ボーダー
②、クロマキー
③、マスクサイン
④、モザイク
⑤、ペイント
⑥、ムーブ・マルチ
⑦、フリーズ
⑧、A/B機能
⑨、外部キー入力
⑩、H反転，V反転

【表4】イメージパラメータ

を指定し，その間を自転しながら曲線移動するといった複雑な動きを，イベント登録するのは，通常，多くの時間がかかります。しかし，プリセット・ブロック機能を用いることにより，コンソール画面と対話しながらパラメータを設定するだけで，容易に複雑な動きを実現することができます。

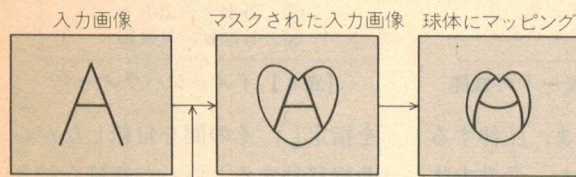
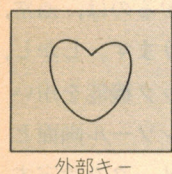
また，6面体の各面に，別の画像をはめこむキューブ形状を作成するには，最大6回のダビングと，各面の正確な位置合わせが必要ですが，キューブ・ユーティリティを用いると，6面のうちの1つの面の位置を決めることにより，自動的に6面体になるように，残りの5面を発生します。さらに，プリセット・ブロックと併用することにより，6面体の自転，公転を行うことも可能です。

キューブ・ユーティリティを用いて作成した効果例を**写真2**に示

〈写真2〉
キューブユーティリティを用いて作成した効果例

【図8】 A/B機能

【図9】
ハート形のキー信号を入力する

①、三次元回転
②、三次元スプリット
③、球効果
④、茶筒効果
⑤、円錐効果
⑥、　ツイスト効果
⑦、　鼓効果
⑧、パラボラ効果
⑨、サイコロ効果（オプション）
⑩、扇形割り効果（オプション）
⑪、フラッグ効果（オプション）
⑫、カーテン効果（オプション）
⑬、　円筒効果
⑭、　ページめくり効果
⑮、　4分割ページめくり効果(オプション)
⑯、　回転体（オプション）

【表5】 3次元効果

します。

次に，イメージパラメータと呼ばれる映像自身を変化させるパラメータがあります。イメージパラメータの一覧を**表4**に示します。表4の中で，A/B機能は，平面が回転して裏面になったとき，Aの画面が別のBの画面に自動的に切り替わります。この機能を用いると，画面が180度回転することにより，別の画面に乗り返ることができ，場面転換に利用することができます。

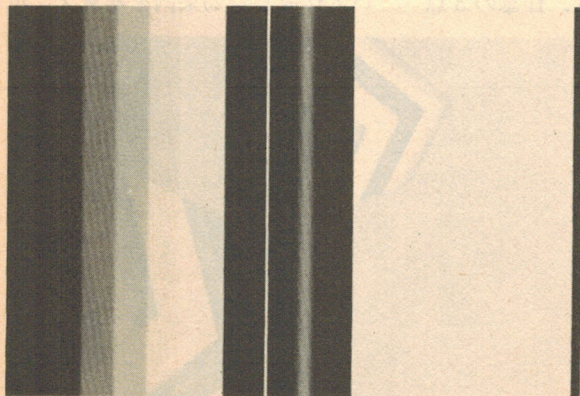
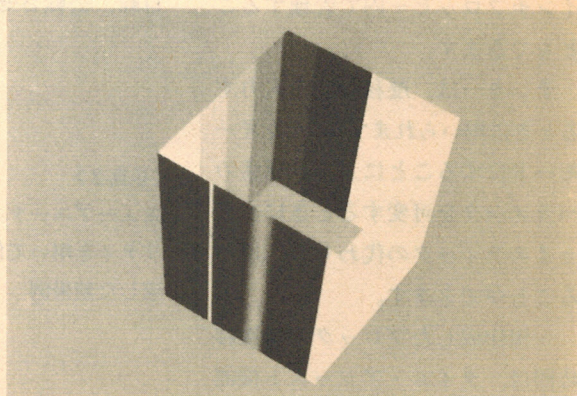
A/B機能の説明を**図8**に示します。

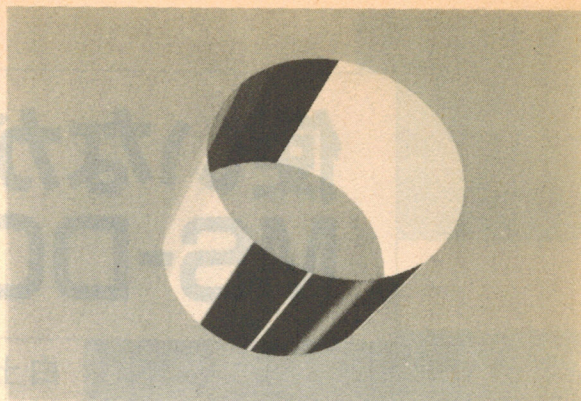
外部キー機能は，外部キー端子に，ある波形のキー信号を入力すると，そのキー信号により，入力画像はマスクされ，マスクされた画像が3次元形状にマッピングされます。

図9で，外部キー端子にハート形のキー信号を入力すると，入力画像が，そのキー信号の形にマスクされ，マスクされた画像が球にマッピングされます。

そのほかに，バックカラー発生器を内蔵しているので，自由にバックカラーを可変することができます。さらに，ミックス・レシオを可変することにより，表面と裏面，表面とベース画像などの混合比を変え，画像の透かし具合を調整することができます。

表5に本装置の3次元効果の一覧を示します。回転体形状は，ある回転軸に対し，外形線を入力すると，その外形線を回転軸に沿って360度回転することによりできた形状に，入力画像をマッピングするソフトウェアです。

以下に，効果例を示します。**写真3**は入力原画像を，**写真4**にキューブ効果のバリエーションを，**写真5**にカーテン効果のバリエーションを，**写真6**に円柱効果を，**写真7**に回転体ソフトにより作成したワイングラス形状を，**写真8**にページめくり効果を，**写真9**にムーブ・マルチ効果による複数形状の一括表示を示します。

〈写真3〉 入力原画像

〈写真4〉 キューブ効果のバリエーション

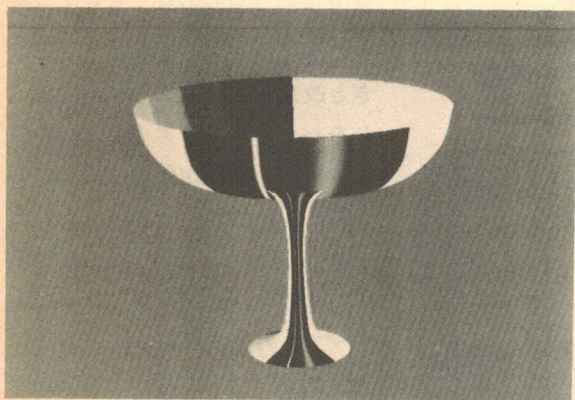
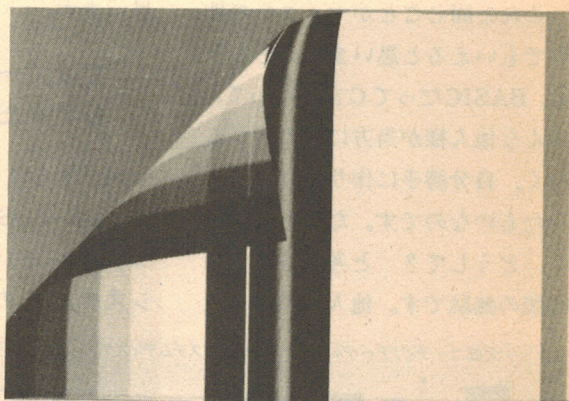
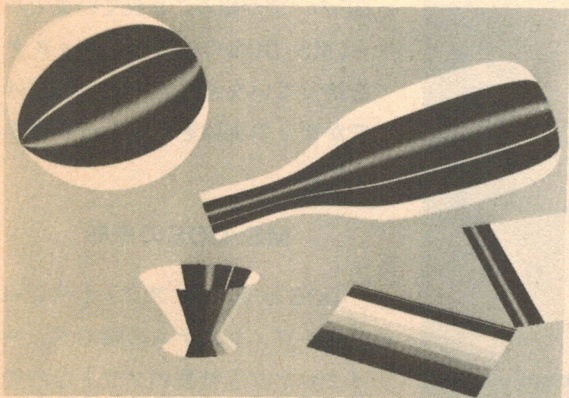
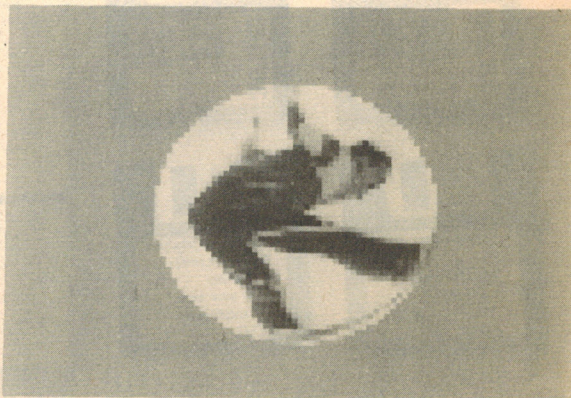
〈写真5〉カーテン効果のバリエーション

〈写真6〉円柱効果

最後に，ランモードは，イベントの読み出しモードであり，任意のイベント番号から，ある部分を飛ばしてイベント・メモリーをテイクすることができます。

あとがき

従来の3次元特殊効果装置は，非常に多数のパラメータを設定しなければならず，使いにくい側面がありましたが，本装置は，多数のパラメータをすっきりまとめ，ジョイスティックとマウスを有機的に結合して用いることにより，容易に3次元効果が得られる構成となっています。このようなマンマシン・インタフェースの開発は，今後ますます増加するCG(コンピュータ・グラフィックス)と，実時間画像処理の隔合した装置の重要な要素となることが考えられます。

われわれは，このような装置を最終的な目標とする一方，原装置での新効果の開発，マンマシン・インタフェースの充実をはかっていきます。

(松下通信工業　電波事業部)

〈写真7〉回転体ソフトにより作成したワイングラス形状

〈写真8〉ページめくり効果

〈写真9〉ムーブ・マルチ効果による複数形状の一括表示

〈写真10〉モザイク効果

使いながら覚える MS-DOS Part 1

白土 義男

日本語は，世界でも有数の難かしい言葉のひとつだといわれています。しかし，私達が物心ついたころは，もう何の不自由もなく自由に日本語を話していました。それが学校に行くようになって，文法を習ったり，何故？，どうして？などと考えるようになると，そこで進歩はストップ？してしまいました。

これと同じことがマイコンの世界でもいえると思います。そもそも，BASICだってC言語だって，みんな他人様が当方に何の断りもなく，自分勝手に作りあげてしまったものなのです。だから，何故？，どうして？　と考えることは時間の無駄です。他人様の作ったルール(約束事)を，マルごと覚えるよりほかはないのです。

従って，この連載の表題も，〝学ぶ〟ではなく〝覚える〟にしました。

正直のところ，私はハード屋ですから，ソフトのベテランが国籍不明の言語を駆使したような解説はできません。みなさんと一諸に，みなさんの言葉で，少しずつMS-DOSの使い方を覚えていきたいと思います。

では，〝一太郎〟を用意してください

何をするにも道具立てが必要です。MS-DOSは，16ビット・パソコン用のOS(オペレーティング・システム)なので，パソコンとしては，とりあえず9801シリーズを使います。

私の場合UV2ですが，他のタイプでもディスクの仕様が異るだけでほとんど同じです。また，他社のパソコンでも，MS-DOSが使えるという機種なら何でもOKです。

次にソフトウェアですが，これは当然，MS-DOSのシステムディスク(**写真1**)を用意しなければなりません。ご存知のとおり，ソフトウェアは手直しを重ねてつぎつぎと改良していくことが多く，これをバージョン・アップと呼んでいます。今回私が使用するMS-DOSは，Ver3.1(バージョン3.1)としましたが，Ver2.11でもOKです。

このほか，MS-DOSを使った応用ソフトの代表選手として，ワープロソフト〝一太郎〟Ver2を用意しました。この一太郎の中には，MS-DOSの一部が組みこまれていますから，MS-DOSのシステムディスクを持っていなくても，一太郎だけでかなりの実験をすることができます。

〈写真1〉この連載で使用するソフトウェア

MS-DOSの中味

DOSとは，ディスク・オペレーティング・システムの略です。マイクロソフト社製のソフトなので，MSが頭につきました。

```
A>dir

 ドライブ A: のディスクのボリュームラベルはありません.
 ディレクトリは A:¥

COMMAND  COM     23942  86-06-10   0:00
ASSIGN   COM      1787  86-06-10   0:00
ATTRIB   EXE      8262  86-06-10   0:00
BACKUP   EXE     23840  86-06-10   0:00
CHKDSK   EXE      9776  86-06-10   0:00
COPY2    COM      3312  86-06-10   0:00
COPYA    COM      1319  86-06-10   0:00
CUSTOM   COM      5476  86-06-10   0:00
DICM     COM     21248  86-06-10   0:00
DISKCOPY COM      6880  86-06-10   0:00
DUMP     COM      1670  86-06-10   0:00
EDLIN    EXE      7394  86-06-10   0:00
EXE2BIN  EXE      2880  86-06-10   0:00
FC       EXE     14018  86-06-10   0:00
FIND     EXE      6483  86-06-10   0:00
FORMAT   EXE     34038  86-06-10   0:00
JOIN     EXE      8930  86-06-10   0:00
KEY      COM      4531  86-06-10   0:00
LABEL    EXE      2916  86-06-10   0:00
MORE     COM       271  86-06-10   0:00
PRINT    EXE      8472  86-06-10   0:00
RECOVER  EXE      4183  86-06-10   0:00
RESTORE  EXE     20368  86-06-10   0:00
SPEED    COM      1209  86-06-10   0:00
SUBST    EXE      9864  86-06-10   0:00
SWITCH   COM      2441  86-06-10   0:00
SYS      EXE      2751  86-06-10   0:00
USKCGM   COM      4128  86-06-10   0:00
SHARE    EXE      7904  86-06-10   0:00
SORT     EXE      1680  86-06-10   0:00
MSASSIGN COM      1509  86-06-10   0:00
MASM     EXE     77362  86-06-10   0:00
LINK     EXE     41114  86-06-10   0:00
SYMDEB   EXE     36538  86-06-10   0:00
MAPSYM   EXE     51904  86-06-10   0:00
CREF     EXE     10544  86-06-10   0:00
LIB      EXE     24138  86-06-10   0:00
MAKE     EXE     18675  86-06-10   0:00
KNJDIC   DRV      9832  86-06-10   0:00
NECDIC   DRV     31190  86-06-10   0:00
MOUSE    SYS      2989  86-06-10   0:00
MOUSE    DOC      2851  86-06-10   0:00
NECDIC   SYS    484352  86-06-10   0:00
KNJDIC   SYS     56320  86-06-10   0:00
CONFIG   SYS        20  86-06-10   0:00
README   DOC     16648  86-06-10   0:00
DEBUG    COM     11764  86-06-10   0:00
        47 個のファイルがあります.
     34816 バイトが使用可能です.
```


【図1】MS-DOS Ver3.1の中に含まれているファイルの内訳

パソコンでいろいろな作業を実行する場合，その作業に関係するプログラムやデータは，原則としてパソコン内部のメモリーに書き込んでおかなくてはいけません。何故なら，CPUが直接プログラムを読み込んだり，データをやり取りすることのできる相手はメモリーだけだからです。

ところが，このメモリーの容量には限りがあり，従って多くの作業を消化する場合，そのときどきに必要とするプログラムやデータだけをメモリーに取り込み，その他の情報は，外部の大容量補助メモリーであるフロッピーディスク(もちろん，フロッピーに限りませんが）に書き込んでおくような方法が考案されました。

こうなると，パソコン内部とフロッピーの相互間で，情報のやり

取りを正確にタイミングよく行うためのプログラムや，フロッピーに書き込まれたデータなどを，いろいろと加工するためのプログラムが開発されるようになりました。

これらのプログラムは，それぞれ異なる目的や性格を持っていますが，ディスクとパソコンを上手に使いこなすための小道具という点では共通しています。

DOSとは，このようなプログラムの〝全集版〟と考えればよいでしょう。もちろん，以上の説明は正確ではありませんが，とりあえずそう考えてください。

ここで，**図1**および**図2**を見てください。ひとまとめの形になったプログラムや，データの集りをファイル(とじ込み)と呼んでいますが，これらをフロッピーに書き込むときは，整理の都合から，ひとつひとつに名前(ファイル名)を付けます。

図1は，MS-DOS Ver3.1の中味であるファイル名の一覧表，そして図2は一太郎Ver2のファイル名一覧表です。

ファイルの名前

図1では47個のファイル名，そして図2では20個のファイル名が並んでいます。

実は図2の場合，私はRAMディスク(パソコンの拡張スロットにセットし，ディスクと同じようにあつかえるメモリーボード)を使って，一太郎の動作速度を上げるため，RAMディスクソフトMX1-Starのプログラムも組み込んでいるので，本来の一太郎のファイル数は14個です。従って，MS-DOS Ver3.1は47個のプログラムの集合，そして一太郎Ver2は14個のプログラムのより集まりと考えられます。

これらのファイル名は，図1の中のCOMMAND.COMというファイルの中にあるDIR(ディレクトリ)という命令を実行すると，図のようにCRT画面表示されるのですが，このDIR命令については後でお話するとして，とりあえず図中のファイル名，および横に並んでいる数字の意味について説明しましょう。

図3を見てください。広い意味でのファイル名は，図のように，狭い意味でのファイル名と，そのファイルの性質を示す添え書き(補助ファイル名)の2項目で成り立っています。

狭い意味でのファイル名は，MS-DOSの場合，英数文字で8字，漢字で4字以内の制限はありますが，**表1**に示す名前以外は自由に付けることができます。

一方，添え書きの方は必要がなければ書かなくてもよいのですが，書く場合はそのファイルの性質をそれとなく説明するような記述とすることが多く，英数文字で3字，漢字では1字以内の制約があります。これも表1を参考にしてくだ

```
A>dir

 ドライブ A: のディスクにはボリュームラベルがありません
 ディレクトリは A:¥

COMMAND  COM     17190  83-09-19  16:19
ATOK     DIC    473600  86-11-11  20:50
JXW      COM     29184  86-06-02  12:00
JXW      EXE    350208  86-06-02  12:00
JXW      HLP     33734  86-06-02  12:00
AUTOEXEC BAT        64  86-11-11  20:45
ATOK5A   SYS     65018  86-06-02  12:00
ATOK5B   SYS     12908  86-06-02  12:00
JXWSYS            1336  86-02-06  21:28
FORMAT   COM     14742  85-05-19  13:59
GAIJ              9392  86-06-02  12:00
TANB              1804  86-06-02  12:00
CONFIG   SYS        82  86-11-11  20:37
JXTEMP   $$$    153600  86-11-06  18:16
MX1STAR  SYS      4972  86-11-11  20:37
SETIPL   EXE      2862  86-08-27  15:27
CONFIG   ORG        60  86-06-02  12:00
STARCOPY EXE      3028  86-08-25  16:53
AUTOEXEC ORG        37  86-06-02  12:00
IPL      ORG      1024  86-11-11  20:45
      20 個のファイルがあります
    7168 バイトが使用可能です
```


【図2】〝一太郎〟Ver 2の中に含まれているファイルの内訳

【図3】DIR(ディレクト)命令でCRT画面に表示される内容の説明

さい。

この添え書き(補助ファイル名)は，その語源であるエクステンションを直訳したのか，拡張子というマージャンパイのような名称が付けられています。この伝でいくと，内線電話は拡張電話子器ということにでもなるのでしょうか。

以上の狭い意味でのファイル名と添え書きを組み合わせ，○○○○○○○○.×××というように，間に.を入れたのが，ファイルの正式な(広い意味での)名前です(拡張子なしのときは.も不要)。以後，特に断らないかぎり，ファイル名といったら広い意味の方だと思ってください。

ここでもう1度，図1と図2を見てください。アンダーラインの引いてある，COMMAND.COM，FORMAT.EXE，CONFIG.SYSという3個のファイルが，両者に共通していることが分かるでしょう。

これは，一太郎の中にMS-DOSの一部が組み込まれていることを示しています。ただし，一太郎の場合はMS-DOS Ver2.11を使っているので，ファイル名のすぐ右に書いてある使用バイト数(プログラムを書き込むのに必要なメモリーの容量)は異なりますが，さしつかえはありません。なお，その更に右側には，ファイルの作成年月日，時間なども書かれています。

フロッピーの中に，ファイルはどのように書きこまれているか?

図1の47個のファイル，そして図2の20個のファイルは，フロッピーディスクの中に，実際にどのような形で書き込まれているのでしょうか?

ここでは，3.5インチ 2HDタイプのフロッピーを例にお話ししましょ

○よく使われる補助ファイル名(拡張子)の種類

拡張子	用　途
ASM	アセンブラ・ソース・ファイル
BAK	バック・アップ・ファイル
BAT	バッチ・ファイル
COM	COM(コマンド)型式の実行プログラム
CRF	クロス・リファレンス・ファイル
EXE	EXE(エクスキュート)型式の実行プログラム
HLP	ヘルプ・ファイル
LIB	ライブラリ・ファイル
LST	リスティング・ファイル
MAP	マップ・ファイル
OBJ	オブジェクト(機械語)ファイル
REF	クロス・リファレンス・リスト・ファイル
SYM	シンボル・ファイル
SYS	システム・ファイル
$$$	テンポラリー(一時的な)ファイル

○ファイル名(狭い意味)として使ってはいけない名称(これを予約ファイル名という)

AUX
CON
PRN
NUL
CLOCK

＊1:これらの表の個々の内容については，次号以降少しずつ分ってきます。

＊2:補助ファイル名(拡張子)は，付けなくてもよい

【表1】ファイル名を付けるときに注意する事項

a：2HDフロッピーの磁気記録面の構造（3.5″, 5″共通）　b：フロッピー一面にファイルなどが書き込まれている状態（例）

【図4】フロッピーディスクの中にファイルが格納されている様子（2HD）

う。5インチ 2HDはこれと全く同じ，そして他のフロッピーも，以下に説明するトラック数，セクタ数が異なるだけで，原理的にはまったく同じです。

では図4を見てください。フロッピーディスクは，磁性体を両面に塗ったプラスチックの薄い円板です。

メモリー内容の書き込み・読み出しは，この円板を回転させ，磁気ヘッドを磁性面に接触させて行います。従って記録は，磁性面の上にごく細い幅を持った同心円状に作られます。

この同心円の記録帯のひとつひとつをトラックと呼び，2HDタイプではa図のように77本のトラックが円板の両面に存在します。

フロッピーディスクの場合，どちらが表面，どちらが裏面と決めにくいので，一方を"0"面，他方を"1"面と名付け，トラックの1周を8個のセクタに分割し，このセクタをフロッピー面上における記録の1単位として扱います。

そして，何という名前のファイルが，どこからどこまでのセクタに書きこんであるのか，というような情報は，トラック2にまとめて書き込んであります。これを説明したのがb図です。

ディレクトリ

上記のように，1枚のフロッピーの中に書き込まれている全てのファイルに関する情報は，トラック2に書き込まれていますが（正確にいえば，少し違う点もあります），これをディレクトリと呼び，この内容を読み出すことによって図1，図2のような表示をCRT画面で読みとることができるのです。

この読み出しのための命令は，COMMAND.COMというMS-DOSの中でも重要な働きをするファイルの中に含まれていて，キーボードから"DIR"という命令語を入力し，リターンキー（RETまたは↵）を押せば，このCOMMAND.COMがこのキー入力を判断してディレクトリの内容を読み出し，CRTに表示するのです。

このような，COMMAND.COMの中に含まれている命令語は，ほかにもいくつかあり，これを内部命令と呼んでいます。図1にも少し説明してあるように，DIR，TYPE, REN…などがその内部命令ですが，これらについては後で実習しながら説明します。

MS-DOSの立ち上げ

では，MS-DOSのディスクを用意した方は，パソコンのドライブ1にそのディスクを差し込み，電源スイッチをONにしてください。

すると**写真2**のように，日付と時間の入力を求める表示が出てきますから，たとえば86-02-04 RET，21：24：00 RET，というようにキー入力して日時を設定します。

すると，A>という表示が出て，カーソルが点滅（ブリンク）を開始します。これでMS-DOSが働き始め，命令語がキー入力されるのを待つ状態となります。

このように，パソコンを命令待ちの状態にする操作のことを"立ち上げ"と呼んでいます。もしこのとき，日時の設定が面倒ならば，

〈写真2〉MS-DOS Ver3.1の立ち上げCRT画面

〈写真3〉RAMディスク組み込み“一太郎”の立ち上げCRT画面

RET・RETと2回続けてキーを押せば，日時の設定をしないまま立ち上げ状態となります。

一太郎しか持っていない方は，ドライブ1にディスクを差し込み，電源をONにして一太郎を立ち上げてください。文章作成の画面になったらESCキーを押し，続いてQキーを押せば，作業中止(強制終了)となって，MS-DOS立ち上げのときと同じ状態，つまり，A>が表示されカーソルがブリンクして入力待ちとなります。

上記のどちらの場合も，ディスクの中に書き込まれているCOMMAND.COMの働きで，MS-DOSが立ち上がったのです。

なお，この一太郎の立ち上げの途中で，**写真3**のようにメーカー名などの表示が出てきますが，その中にMS-DOSの文字が出てくるので，一太郎がMS-DOSを使っていることが分かります。

ディスクの中味を見る

以上の作業が順調にいったら，こんどはディスクの中味を調べてみることにしましょう。そのためにはDIR(ディレクトリ)命令を使います。

A>▮(ブリンク)の状態からd i rと入力し(小文字で入力しても，大文字として扱われる)，RETキーを押すと(A>dirRET)，MS-DOS Ver3.1のディスクの場合は図1，一太郎Ver2の場合は図2のような画面となります。ただし，図2の例はRAMディスクを組み込んだときの表示例です。

MS-DOSディスクの場合，ファイル数が多過ぎて，一画面に全部を表示しきれず，画面が次々とくり上がって(スクロールして)，末尾の一画面分しか静止した状態で見ることができません。

このときは，A>dir/pRETというように入力すると，画面1ページ分だけで表示は一たん止まります。続きを見るときは，スペースキーなど任意のキーを押すと次のページ(後続のファイル名)を表示してくれます。長いデータを読むときはこの方法が必要です。/pについては次号でお話します。

ここで表示の最初に「ドライブA：のディスクの……」という文章が出てきましたが，これは，現在表示されているディレクトリが，Aドライブ(9801ではドライブ1のこと)に入っているディスクのディレクトリであること，そしてこのディスク全体に名前を付けることができる(これをボリュームラベルといいます)のですが，この名前はまだ付けられていないこと，などが示されています。

「ディレクトリはA：¥」という文章，および，図1，図2の中に出てくるたくさんのファイルの働きについては，次号以降で順々にお話します。

とりあえず次号では，練習用のディスクを作り，それを使って，COMMAND.COMの内部命令を中心にいろいろと実習をする予定です。

リモコンシステムの実験と応用

1 赤外線方式

斎藤 真幸

テレビ，VTR，ビデオディスクなどのAV機器からエアコンに至るまで，ワイヤレスのリモコンを搭載した製品が増えています。読者のみなさんも，1つや2つのリモコン（**写真1**）を使っているのではないかと思います。これも半導体技術の進歩のおかげです。

改めて，ワイヤレスリモコンがいかに便利なものかを説明する必要はないほど，リモコンが身近な存在になっています。それだけ，私たちは「楽をしたい」という願望をもっているということです。

このリモコンを応用して，もっと身の回りを便利に，というわけで，リモコンの技術にフォーカスを合わせてみました。市販のICを使ったリモコンの作り方，手持ちのリモコンの転用法，ワイヤードリモコンをワイヤレスに改造する方法の紹介など，6回の連載を予定しています。

連載第1回目は，タイトルのとおり，現在主流の光を利用して，瞬時に命令を伝送する赤外線方式のリモコンです。赤外線方式が使われるようになったのは，今から10年前，当時主流であった超音波方式を完全に駆逐してしまいました。

赤外線の送受デバイス

赤外線と聞くと，暖房を連想しますが，肌に暖かいと感じるのは，遠赤外線と呼ばれる波長の長い赤外線です。リモコンに利用しているのは，同じ赤外線でも波長の短い近赤外線で，肌に暖かいと感じることもなければ，目にも見えません。

約380～760nmの範囲が可視光と呼ばれる領域です。人の目は，この範囲の波長の電磁波を色として感じます。波長が760nmよりも長いものが赤外線で，近赤外線は可視光に近い部分になります。実際のリモコンには，波長が約940nmの赤外線が使われています。

写真2が，リモコン用の発光と受光デバイスの例です。赤外線発光ダイオードは構造，発光原理ともに可視光の発光ダイオードと同じで，一般にはGaAsの結晶材料が使われています。GaAlAsの結晶材料の高出力の製品もありますが，まだとても高価です。

リモコンによく使われている赤外線発光ダイオード SE303Aの仕様を**表1**に，そして，指向特性を**図1**に示します。

受光素子は，高感度で高速応答のPIN構造のシリコンホトダイオードです。このデバイスは，可視光領域にも感度があるので，その影響を少なくするために，約940nmの波長での損失が最も少ない樹脂

〈写真1〉各社のリモコン送信機

〈写真2〉リモコン用赤外線発生ダイオードとPINホトダイオード

絶対最大定格（T_a=25°C）

項目	記号	定格	単位
消費電力	P	150	mW
順電流	I_F	100	mA
パルス順電流	I_{FP}	1.0	A
逆耐圧	V_R	5	V
ジャンクション温度	T_j	80	℃
保存温度	T_{stg}	−30〜80	℃

電気的特性（T_a=25°C）

項目	記号	条件	規格値
順電圧	V_F	I_F=50mA	1.45V 最大
パルス順電圧	V_{FP}	I_{FP}=1.0A	3.0V 最大
端子間容量	C_t	V=0, f=1.0MHz	40pF 標準
ピーク発光波長	λ_P	I_F=50mA	540nm 標準
スペクトル半値幅	$\Delta\lambda$	I_F=50mA	60nm 標準
光出力	P_O	I_F=50mA	3.0mW 最小
応答速度			1μs 標準

【表1】赤外線発光ダイオードSE303Aの仕様(NEC)

【図1】SE303Aの指向特性

で封止しています。仕様を表2に示します。

赤外線方式の特徴

リモコンに使われている赤外線は，極めて可視光に近いので，同じような性質をもっていると考えて問題ありません。懐中電灯の光のように，この赤外線も直進し，さえぎれば陰になり，また，照射した物体の表面では反射が起こります。

光の速度は毎秒約30万km，私たちが知るものの中で最高速です。瞬時に目標に到達します。また，直進性があるために，その光が壁やカーテンを通過して，部屋の外へ漏れることも考えられません。

光のもつ性質は，少なくともワイヤレスのリモコンを実現するうえで，音や電波よりもすぐれています。音速は毎秒340m，光の速度に比べてとても遅いため，図2に示すようなマルチパスがあると，わずかの距離の差が受信時間の差となり，誤動作を招きます。

また，超音波や電波は，壁やカーテンを通過する可能性があり，日本のように住宅が密集していると，深刻な問題を起こす可能性があります。隣の家でも，同じリモコン付きのテレビを使っている可能性もあるわけで，リモコンどうしが干渉を起こしてしまいます。

これらの理由から，特別に理由がない限り，家庭用のリモコンには赤外線が使われています。加えて，この方式は，小型かつ多機能の送信機を実現することが可能で，消費電力も少なくできるなどの特徴もあります。

絶対最大定格（T_a=25°C）

項目	記号	定格	単位
逆電圧	V_R	32	V
消費電力	P_D	150	mW
ジャンクション温度	T_j	80	℃
保存温度	T_{stg}	−40〜80	℃

電気的特性（T_a=25°C）

項目	記号	条件	規格値
暗電流	I_R	V_R=10V	30μA 最大
最大感度波長	λ_{max}		940nm 標準
量子効率	η	λ=940nm	0.88 標準
感度	S	V_R=5V	50nA/lx 標準
エネルギー的感度	S	λ=940nm	0.6A/W 標準
無負荷電圧	V_L	E_V=100 lx	285mV 標準
無負荷電圧	V_L	E_V=1,000 lx	365mV 標準
立上がり時間	t_r, t_f	R_L=1kΩ, V_R=0	125ns 標準
立下がり時間	t_r, t_f	R_L=1kΩ, V_R=5V	50ns 標準
端子間容量	C_t	V_R=5V, f=1MHz	14pF 標準
受光面積	A		9mm² 標準
雑音等価電力	NEP	V_R=10V	$4.2\times10^{14}\mathrm{W}\sqrt{\mathrm{Hz}}$
検出限界	D		$6.6\times10^{-12}\mathrm{cm}\sqrt{\mathrm{Hz}}/\mathrm{W}$

【表2】PINホトダイオードPH302の仕様(NEC)

【図2】
室内でのマルチパス（床や壁，または物体表面での反射）

システム構成

現在実用になっている赤外線リモコンのシステムの構成は，図3に示す3種類のうちのいずれかです。

(a)の構成は，専用のICを送受信に使う方法で，比較的簡単に確実に動作するシステムを実現できます。

(b)は，受信をマイクロコンピュータでソフトウェア処理する方法です。すでにほとんどの家電製品には，マイクロコンピュータが使われているので，その機能の一部を利用して，専用のICを使わずにシステムの構成が可能になります。

そして，(c)の構成は，送信側もマイクロコンピュータで実現するもので，送信側に高度な機能が必要なシステムに採用されています。

この3種類の構成の変化が，赤外線方式リモコンの歴史になっています。各半導体メーカーのカタログにもその流れが見られ，最新のリモコン送信用ICは，内部が4ビットのマイクロコンピュータになり，高度な機能をもったシステムの実現が容易になっています。

最も新しい送信用ICの1つであるNECのμPD6126の内部構成を，図4に示します。2Vの電源電圧でも動作し，スタンバイ時の消費電流は，最大で1μAと極めて小さくなっています。このデバイスは，内蔵のマスクROMに，目的の機能を実行するプログラムを書き込んで出荷される，一種のカスタムICです。

リモコン用のデバイスを大量に生産している半導体メーカーは，三菱電機とNECです。表3に，各社のリモコン用のデバイスを示しますが，この2社の品種が多いことでもよくわかります。

少量の生産や試作・実験に使えるのは，図3の(a)と(b)の構成に対応したデバイスです。そこで，(a)の構成のM50115PとM50117Pの組み合わせ，そして，(b)の構成には，μPD6120Cを本連載のデバイスとして使います。どちらも端

【図3】
リモコンのシステム構成

【図4】
リモコン専用マイコンの内部構成
(μPD6126G)

子ピッチが2.54mmの普通のパッケージのICで取り扱いが簡単です。

リモコンのテクノロジー

リモコンを作るのだけが目的なら，ICを買ってきて，回路図どおりに接続するだけで済みます。しかし，それだけではリモコンのシステムとしての考え方や，種々の問題をどのように解決しているかまではわかりません。

結果は，「なぁーんだ」と思われる内容かもしれませんが，まずは，ICの内部動作も含めて，システム全体の理解を深めておくことにしましょう。

(1) 外乱対策

赤外線は，太陽や白熱電球からの光にも大量に含まれています。この中には950nmの成分もあり，受信妨害になります。ホトダイオードに付いたフィルタは，同じ波長の光には効果がありません。

リモコンの光とほかの赤外線との区別に，リモコンの光を約40kHzの周波数で変調する方法が採用されています。太陽や白熱電球からの光には，高い周波数の成分が少ないので，この方法で容易に分離できます。

M50115PとμPD6120Cを使ったリモコン送信機の全回路を，図5と図6に示します。回路のクロック信号源には，セラミック振動子が使われています。この周波数を12分周した周波数が，赤外光を変調している周波数です。

一般に，455kHzまたは480kHzのセラミック振動子が使われています。前者なら約38kHz，後者ではちょうど40kHzが，その周波数になります。

受信側では，ホトダイオードで検出した信号の中から，この周波数成分の信号だけを抽出して増幅し，波形整形して受信用IC，また

送信用LSI	受信用LSI	メーカー
μPD6120C, 6121G 6122G, ◎6123G ◎6124G, ◎6125G ◎6126G	マイクロコンピュータで対応	NEC
TC9148P	TC9149P, 9150P	東芝
TC9011P/F, 9012F	マイクロコンピュータで対応	東芝
LR3715M	LU59001	シャープ
M58480P, 58484P 50125P	M58481P, 58485P 58487P, 50126P	三菱電機
M50110XP (注1) 50115XP (注1)	M50111XP (注1) 50116XP (注1) 50117XP (注1)	三菱電機
M50139P (注2)	M50140P (注2)	三菱電機
M50142P, 50463P ◎M50460-XXXP ◎ 50461-XXXSP	マイクロコンピュータで対応	三菱電機

◎印は送信専用マイクロコンピュータ，(注1)キーコードにより用途限定，(注2)CATV端末装置専用

◀【表3】
主要各社のリモコン用LSI一覧

〈写真3〉リモコン用LSIの例

【図5】M50115Pによる送信回路例

【図6】μPD6120Cによる送信回路例

はマイクロコンピュータで受信処理を行います。

この増幅器の利得は，約60dB必要です。50μV程度の微弱な信号を扱うためで，この増幅器の性能でリモコンの到達距離が決まります。

このような高感度の増幅器をディスクリートの部品で作るのは，とても困難です。発振を起こしやすく，また，周囲からの雑音にも弱くなります。シールドケースに収め，外部からの雑音を防ぐ必要があります。しかし，最近は高性能のICや完成モジュールが供給されるようになり，その設計も容易になりました。

図7にμPC1490HAの端子配列と応用回路を，**写真4**にシャープの受信モジュール GP1U50の外観を示します。**写真5**に受信回路の試作例を示しますが，このままでは雑音に弱く不安定なので，シールドケースに収めて使います。試作や実験に使うなら，シールドケース入りの完成モジュールを使ったほうがトラブルが少なく，コンパクトにできます。

(2) システムの共存

同じ部屋の中で複数のリモコンを使用して干渉したら，便利どころかとても具合が悪いものになってしまいます。

テレビやVTRなどの商品別に異なる方式のシステムを使用するならば問題は軽減できます。しかし，同じ商品が複数同居する可能性もあるわけで，この問題の完全な解決にはなりません。

この問題を解決するために，キーコードまたはカスタムコードと呼ばれるデータを付加し，同じシステムが同居しても混信しないようにしています。送信機と受信機の間に特定のコードを割り当て，

μPC1373HA，μPC1473HA，μPC1474HA μPC1475HA，μPC1490HA，μPC1491HA	N E C
IR3T06，IR3T07，IR3T20，IR3T21	シャープ
CX20106A	ソニー
TA7377P	東芝
M51014L，M51015L，M51016L	三菱電機

【表4】主要各社のリモコン受信用プリアンプIC一覧

〈写真4〉 ▶
受信用プリアンプIC（μPC1490HA）と受信モジュール（GP1U50）

同じコードの装置間でのみコントロールを可能にする方法です。

最初に，この概念を製品に導入したのが三菱電機で，3ビットのキーコードで8種類までのリモコンシステムがお互いに干渉せずに動作します。この製品は，現在でもよく使われています。

その後，NECは任意の8ビットのカスタムコードの選択を可能にしたμPD1943G（現在は生産中止）を開発し，同居できるシステムの数を256種類まで拡大しました。現在の主流はこの方式で，最初にキーコードを採用した三菱電機にも，この方式のICがあります（M50142PとM50463P）。

このカスタムコードは，半導体メーカーが管理し，同じコードの商品が市場に出て混乱を起こさないようにしています。現在のリモコン時代があるのは，この方式が出現したおかげといっても過言ではありません。

〈写真5〉試作した受信プリアンプ

(3) 誤動作対策

リモコンを操作している最中に，何らかの理由で，送信データが受信機に到達しない場合が起こり得ます。データとして扱われないなら問題は少ないのですが，誤ったデータとして解釈されたのでは，目もあてられません。

データの誤りを検出する機能が必要になりますが，その機能を追加したために回路が複雑になり，消費電力が大きくなるようでは好ましくありません。出来るだけ簡単に，目的を満足する方法が必要です。

リモコンの誤り検出は，連送と呼ばれる方法が使われています。送信側は同じデータの送信を繰り

【図7】リモコン受信プリアンプμPC1490HAの応用回路

K_0	K_1	K_2	D_0	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6
0	0	0	1	0	0	1	0	0	0

【図8】三菱電機のデータ・フォーマット

【図9】
NECのデータ・フォーマット

〝0〟パルス間隔1.125ms

〝1〟パルス間隔2.25ms

（例示したデータの内容）

C_0	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	D_0	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7
0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0

（注）図中の時間は，455kHzのセラミック振動子使用時，最近のデバイスはカスタムコードを16bitに拡張できるこの場合，1回限りの送信になる

返し，受信側は，同じデータが複数回続けてきた場合に，そのデータを正しいと判断する方法です。

この方法は，初期のデータ通信で使われていましたが，パリティやCRCコードを付加する方法に比べ，冗長度が高いため，伝送効率が悪いという欠点があり，現在ではあまり使われていません。しかし，エラー検出のための回路が簡単で，送信側だけでなく，受信側も低価格にできるので，リモコンのような低速の通信システムには最適です。

三菱のシステムでは，**図8**に示すように，同じ情報を24mSごとに繰り返し送信しています(480kHzの振動子使用時)。これは，リモコンのスイッチが押されている間続きます。受信側は，同じデータが2度受信されたときに，そのデータを正しいと判断するようになっています。約40mS（平均）の時間が，1つの命令の伝送に必要です。

図9のNECの方式では，反転連送方式を採用しています。スイッチが押されると，そのとき1度だけ，そのスイッチに対応するコードと，それを反転したコードを続けて送信する方式です。その後も，スイッチが押され続けている場合は，リーダーコードだけを108mSごとに繰り返し送信します。受信側にスイッチが押され続けていることを知らせるためです。1つの命令の伝送に平均68mSかかります(455kHzの振動子使用時)。

結果的に，どちらのシステムも2度の受信で，そのデータが正しいかどうかを判断しているのですが，図からわかるように，両社の設計思想には繰り返し送信するか，1回限りの送信で打ち切ってしまうかの違いがあります。

どちらの方式にも，一長一短があります。例えば，データを送信中に光路がさえぎられたと仮定しましょう。受信データが完全ではないので，エラーと判定されてしまいます。この場合，データを繰り返し送信するシステムでは，後続のデータが一致した時点で，その命令の受信が可能になります。しかし，1度限りしか送信しないほうは，命令の伝送は不可能です。

もしも，受信側で正しくデータが受信されたあとに瞬時，光路がさえぎられた場合を想定してみましょう。繰り返し送信するシステムは，同じ命令が2度送信された場合との区別ができないことがわかります。しかし，1度限りならこのような問題は起こりません。

データ通信では，受信データに，エラーがあった場合，そのデータを捨てて，エラーがあったことを送信側に伝え，もう1度送ってもらいます。これを再送と呼んでいます。万が一の場合でも，確実にデータを伝送するためです。

リモコンのシステムには，受信側から送信側への信号の経路がないので，代わりに操作している人が，再送を行い，エラーの発生に対処しています。みなさんも，リモコンでテレビのスイッチをオンにしようとしたときに，オンにならなかったら，もう1度スイッチを押しますね。不必要にシステムを複雑にしない巧みな方法です。

(4) データの変調と消費電力

ワイヤレスのリモコン送信機は，手のひらになじむぐらいの大きさが適当です。そのために，どうし

〈写真６〉試作したリモコン送信機

〈写真７〉試作した受信回路

ても電池のためのスペースに限度があり，あまり大きな電池を電源に使うことはできません。小さな容量の電池でも長時間使えるように，システム全体で種々の工夫がなされています。

送信用ICには，低消費電力のC-MOSプロセスが使われています。リモコンでは，電源スイッチを省略するので，スタンバイ時の消費電流が電池の寿命に影響します。

動作時は，発光ダイオードに流す電流が消費電力のほとんどになります。到達距離を確保するには，受信側で検出できるぐらいの光出力が必要です。もちろん，受信側の感度でも影響を受けるので，一概には言えませんが，少なくても数百mAの電流を流さないと，実用になる伝送距離は得られないようです。

消費電力を少なく保ちながら，大きな光出力を得るために，データの変調にパルス位置変調（PPM）が使われています。これは，図８または図９を見てもらうとわかるように，データが〝1″でも〝0″でも，出力パルスの幅を一定にして，その間隔で情報を伝送する方式です。大きなピーク出力を得ながら平均消費電力を少なくすることができ，データの内容で消費電力は，影響を受けません。

M50115Pを使用した場合は，発光ダイオードの点灯している期間は，全周期に対し5.7％になります。また，μPD6120Cの場合は，データ部分での平均が8.5％，スイッチを押し続けた場合は，それ以降の平均が約３％となっています。

このような方法の採用で，最低限の電力で十分に実用になる伝送距離を得ているのです。通常の使い方なら，電池の寿命は１年ぐらいあります。

普段，なにげなく使っているリモコンですが，その動作のメカニズムをおわかりいただけたでしょうか。さて，次回は実際にリモコンを作ってみることにします。

写真６～７が実験のための試作機です。三菱のLSIを使い，最大30の機能の送信が可能です。来月号では，このような応用をICの使い方も含めて紹介します。ご期待ください。

本連載のリモコン関連の部品を取り扱っている所が少ないようです。そこで，**表５**に示すデバイスについてあっせんしてくれるところを検討しています。

詳細については，近々お知らせします。また，本記事に対するご意見，ご希望などがありましたら，ぜひ本誌編集部までお寄せください。

品番	機　　能	メーカー
M50115P	30機能リモコン送信用LSI，120機能に拡張可	三菱電機
μPD6120C	23機能リモコン送信用LSI，受信はマイコン対応	N E C
M50117P	リモコン受信用LSI，M50115Pの受信専用	三菱電機
SE303A	リモコン用赤外線発光ダイオード	N E C
GP1U50	リモコン受信モジュール	シャープ
CSB455E	セラミック振動子（455kHz）	村田製作所

【表５】あっせんを計画中のデバイス（変更になる可能性もある）

オンボード・レギュレータの実験と応用

染谷 勝史

1 ダイオードポンプ

どんなにすぐれたコンピュータも，電源が故障したら何の役にも立ちません。業務用の通信機器などには，電源部を2重化して，片方が故障しても，もう一方へ自動切り替えにするほど，電源は重要視されています。

しかし，製作記事の中では，〝電源は，装置にエネルギーを供給するもの〟とばかりに，三端子レギュレータ1個で済まされ（筆者もその1人），また少し大きくなればブラックボックスで片づけられています。

というわけで，今月号から6回にわたり，日ごろ簡単に扱われている電源に焦点をあて，実験を交えて，ポイントなどを解説いたします。

シリーズの内容

図1を見てください。電源も簡単に分類しただけでも，こんなに分けられます。図1中のサブ電源の中で，プリント基板の中に組み込まれ，その基板の中だけで働くようなレギュレータをオンボード・レギュレータといいます。

このオンボード・レギュレータの使い方には，次の3点があげられます。

① メイン電源と異なった電圧が必要なときで，例えば，RS-232C用の±12Vがある。

② ほかの回路と絶縁したいとき。

③ 特殊なケースとして，マイクロコンピュータのS-100BUSでは，メイン電源はレギュレータをもたずに，すべて各ボードでオンボード・レギュレータを使用している。

今回の連載は，上記に説明したオンボード・レギュレータを中心に，シリーズレギュレータと比較しながら解説していきます。

ターゲットをオンボードにした理由は，2つあります。1つは，前記の例のように，手軽な割りに応用が広いこと，もう1つはスイッチングレギュレータの場合，シリースレギュレータの電源トランスのように標準的なトランスがないので，スイッチングレギュレータを自作するときは，すべて手巻きということになります。

```
電源
 ├─供給元による分類
 │   ├─商用電源─AC100V
 │   └─バッテリ
 ├─回路方式による分類
 │   ├─シリース レギュレータ
 │   └─スイッチング レギュレータ
 └─供給先による分類
     ├─メイン電源
     │   装置全体にエネルギーを供給
     └─サブ電源
         装置の一部にエネルギーを供給
```

【図1】電源の分類

トランスの自作を含めて，AC100Vとの絶縁性は，〝機器の安全性〟という最も重要な課題と密接に関わってくるので，まず，オンボードから，その後でACから直接入力するタイプを手掛けたほうがよいでしょう。

それでは，今月号はダイオードポンプについて説明しましょう。

どんな所にダイオードポンプを使うのか

ダイオードポンプの動作を説明する前に，どんな所に使われるのか簡単に述べてみましょう。

TTL，C-MOS ICなどを使った実験をしていて，「ここに1つコンパレータか，オペアンプを入れたいのだが，電源が5V1つしかないし……」。こんな場面でくやしい思いをしたことはありませんか？

こんなとき，安定化した電源までは必要ないが，＋5V以外にほんの少しの電圧が必要なときにダイオードポンプが威力を発揮します。ここまで説明すると，もう半分はおわかりいただけたと思います。ダイオードポンプを組むときは，インバータの余り，システムクロックなどを使い，できるだけ新しいICを使わないのがコツです。た

【図2】
ダイオードポンプ
の模式図

(a) ダイオードポンプの模式図

(b) C_2の両端電圧（パワーオン直後のC_2の両端電圧）

だし，ダイオードポンプで得られる電流はたかがしれています。あとで出てきますが，トランジスタで組んでも最大50mA程度，TTLならば2～30mAです。

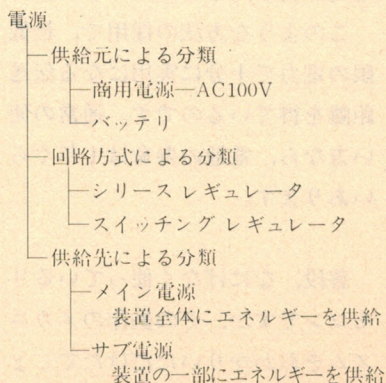
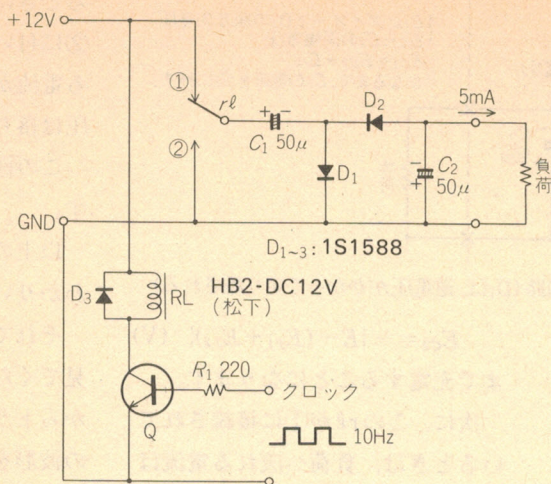
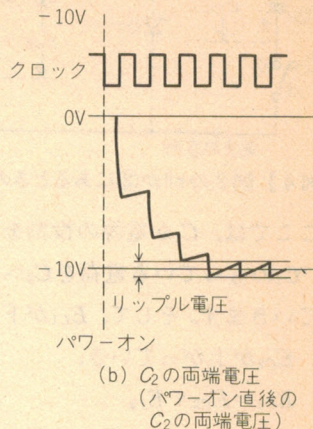
その辺を考慮に入れて最も適した使い方として，RS-232C用出力バッファの電源，波形整形用のコンパレータで立ち下がりを0Vまでピッタリ落としたいとき，またいろいろな機能IC（例えば，時計用のICで9Vが必要なとき）などです。もちろん，オペアンプ用の電源（数mVとかμVなどを扱うときは，ノイズで無理）にも少しノイズに気をつければ使えます。

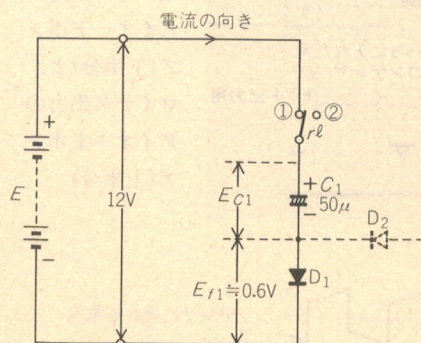
ダイオードポンプの動作

だいたい用途がわかっていただけたと思いますので，動作について説明しましょう。

図2を見てください。rℓの部分をインバータに置き替えると，皆さまご存知のダイオードポンプ回路です。とても実用できるものではありませんが，形だけ作ってみました。**写真1**に，このリレーを用いたダイオードポンプの基板を示します。

リレーrℓの接点が①に付いているとき，ダイオードD_2は逆バイアスになるので，D_2から負荷までは切り離され，**図3**のようになります。図3中でrℓが①に付いた瞬間から電流は，$E(+)\to r\ell\to C_1\to D_1\to E(-)$と流れ，$C_1$の両端電圧$E_{C1}$が，

$$E_{C1}=E-E_{f1}\quad(\mathrm{V})$$

になるまで一気に充電します。

次にrℓが②に移ると，C_1の＋側がアースされ，**図4**の回路ができ上がります。まずは，図4中の×印から負荷を切り離して考えましょう。

【図3】図2のrℓが①にあるときの回路（D_2以降は，逆電圧がかかって切り離されている）

〈写真1〉リレーを用いたダイオードポンプ

【図4】図2のrℓが②にあるときの回路(D_1は，逆電圧がかかって切り離される)

ここでは，C_1が電源の役割をして，C_1のもっている電荷をC_2へ移していきます。そして，E_{C1}が下がり，E_{C2}が上がっていき，

$$E_{C1}=E_{C2}+E_{f2}$$

になったところで電荷の移動は終わりです。

以上のサイクルを繰り返すことにより，無負荷の場合C_2の両端電圧は，

$$E_{C2}=-\{E-(E_{f1}+E_{f2})\}\ \ (V)$$

まで充電することになります。

次に，このrℓが①に接続されているときは，負荷へ流れる電流はC_2からだけ流れ，C_2の両端電圧を減らします。次のrℓが②に付いている間は，C_1から流れ出た電流は一部負荷へ流れ，余った分だけC_2を充電します。

結果として，rℓが①に付いているときに負荷へ流す電流と，rℓが②に付いているときにC_2を充電する電流が等しくなる電圧に出力電圧は落ち着きます。

この様子を表したのが図2(b)です。

以上の説明で，一連の動作はおわかりいただけましたでしょうか。

それでは復習をかねて，**図5**を見てください。スイッチをリレーからトランジスタに変えて，各部の波形を示しておきました。rはトランジスタの保護用で，通常は100～150Ωにします。

実際に作ったのが**写真2**の上半分です。写真では，コンデンサに2.2μFのフィルムコンデンサを用い，クロックは100kHzを使いました。

〈写真2〉トランジスタをスイッチに使ったプラス出力のダイオードポンプ(下半分)と，マイナス出力のダイオードポンプ(上半分)

部品の決め方

図5の中で，入力電圧をE_I，出力電圧をE_O，出力電流をI_Oとして，ごく簡単に各部の定数を決めてみます。

以下の数値は，筆者の経験によるもので，計算での出し方は**図6**に示してありますが，この簡単な

【図5】極性反転のダイオードポンプ

Q_1 2SC1815Ⓨ
Q_2 2SA1015Ⓨ
D_1, D_2 1S1588

値でも実用上問題を起こしたことはありませんので，通常はこの方法でよいでしょう。

① 出力電圧（E_O）

E_I-2V

② 出力電流（I_O）

スイッチに何を使うかで決まる。

TTL ：20mA最大

LS-TTL：5mA最大

C-MOS ：3mA最大

TR ：50mA最大

③ コンデンサ

$C_1=C_2=22\mu F$

耐圧は入力電圧E_Iの1.5倍

④ ダイオード

逆耐圧：E_Iの2倍以上

順電流：I_Oの4倍以上

（1S1588の場合，逆電圧が35V，順電流120mAなので，E_Iが16V，I_Oが30mA程度まで使える）

⑤ その他

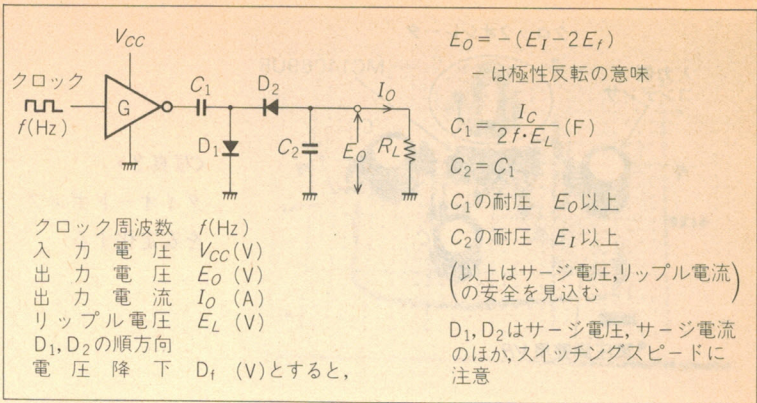
Q_1，Q_2は実験をわかりやすくするために，トランジスタを用いただけです。通常は，ゲートの余りを用います。

図5のR_1，rは，トランジスタの保護用で，通常$R_1=1\sim5$kΩ，$r=100\sim150\Omega$で十分です。

ダイオードポンプは，一般的にはマイナスのバイアス電圧などの使用が多いため，図5とこの説明で十分です。

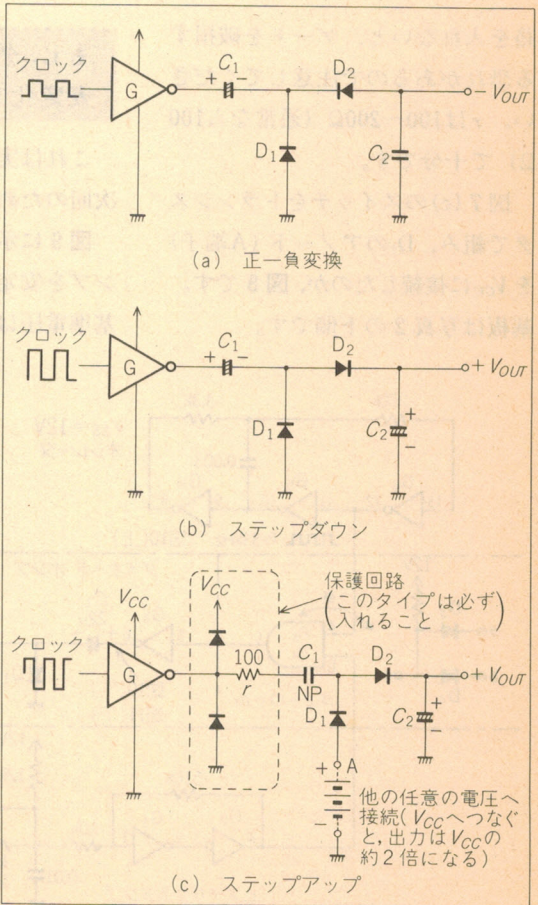
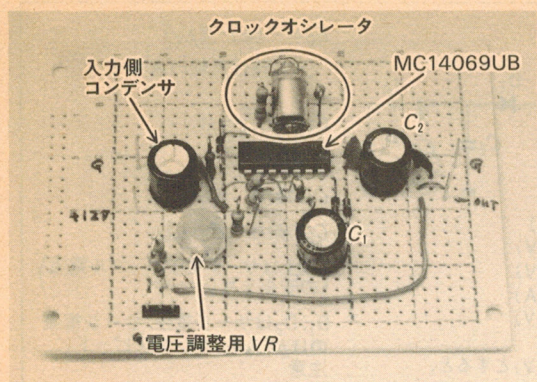
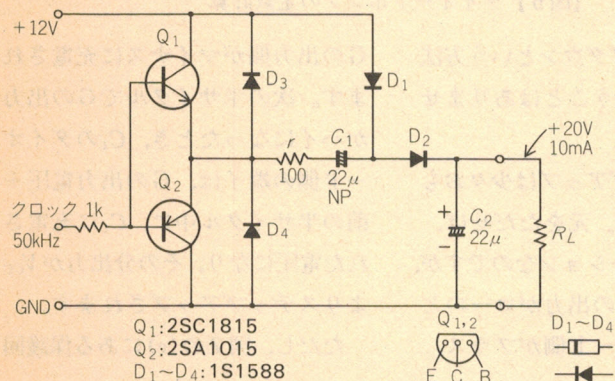
ダイオードポンプ 3つのバリエーション

図5に示すダイオードポンプ回路は，ダイオードの向き，接続個所を変えると，図7の(a)，(b)，(c)という3つのバリエーションがあります。

(a)は図5と同じで，説明したとおりです。

【図6】ダイオードポンプの定数計算

(b)はステップダウンという方法ですが，まず使うことはありません。

(c)のステップアップは少々おもしろい回路です。元をただせば，(b)図のバリエーションなのですが，動作はゲートGの出力がローのとき，C_1はダイオード側がプラス，Gの出力側がマイナスに充電されます。次の半サイクルでGの出力がハイになったとき，C_1のダイオード側の端子は，Gの出力電圧＋前の半サイクル中に，C_1に充電された電圧になり，その分出力がV_{CC}よりステップアップされます。

ただし，図7の(c)にある保護回

〈写真3〉
ダイオードポンプを安定化する

【図8】
ステップアップの回路

路を入れないと，ゲートを破損する恐れがあるので注意してください。rは100～200Ω（通常なら100Ω）で十分です。

図7(c)のスイッチをトランジスタで組み，D_1のアノード（A端子）をV_{CC}に接続したのが，図8です。基板は写真2の下側です。

もし，ダイオードポンプを安定化するならば

これは実験のための実験ですが，次回のためにやってみましょう。

図9に示すのが，ダイオードポンプを安定化する場合の回路です。基準電圧は，G_1の入力電圧で代用しています。**写真3**が実験基板です。

図10がC_1に流れる電流の様子で，＋側が充電，－側がC_2へ電荷を移しているときの放電電流です。図11は，出力電圧(上)が設定値（－6V）を越えると発振が止まり（下の中途），また設定値以下になると発振を始めて定電圧を得ているところです。ただし，ヒステリシスをあまり小さくすると，発振器からの発振を無視した自己発振になってしまい，全体の動作を不安定にしてしまいます。

ダイオードポンプを応用したIC MAX680

ダイオードポンプを応用したICを1つ紹介しましょう。**写真4**に示すマキシムのMAX680です。8ピンDIP IC 1個で＋5V入力から＋10Vと－10Vの2電圧を同時に作り出せます。用途としては，1～2個のオペアンプを使いたいとき(ノイズにデリケートなところはだめ)や，RS-232C用電源などです。

特にRS-232Cに用いたときは，標準的な送信用ICである75188を

【図9】
ダイオードポンプを安定化する回路。※印はANDゲート1個のために，IC 1個追加したくなかったので，ANDゲートを使った。図中のダイオード側a, b, cはゲート側のa, b, cに対応。

1個分(4回路が入っている)が，ぎりぎりで間に合うようにできており，MAX680の威力を発揮します。

図12が標準的な使い方で，コンデンサを4個付けるだけで入力電圧(V_{CC})の2倍の電圧が正負で取り出せます。製作上のコツは，C_3, C_4にできるだけインピーダンスの低いコンデンサ(例えばタンタル)を使うことだけです。

MAX680の内部動作を表したのが図13です。図中，8 kHzの発振器はICの内部にあります。C_1, C_2, C_3, C_4とR_L^+, R_L^-は外付けとなります。

そこで，今回の宿題。

MAX680の動作を各自納得のいくまで解析してください。

ヒントは，①S_1, S_3がオンのときS_2, S_4はオフ。S_3, S_7がオンのときS_6, S_8がオフです。②最初に点線から左側だけを考え，次にマイナス側(点線から右側)でR_L^+, R_L^-を取り去った回路を書いて考える。マイナス側の入力は，V^+とGNDの間に+10Vが加わります。③プラス側はS_1, S_3がオンの状態からスタート，マイナス側はS_5, S_7がオンからスタートしてください。いずれにしても，コンデンサの極性と接続され方が解決のカギです。

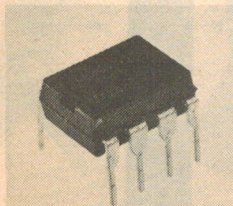
今後の予定は，下記のとおりです。

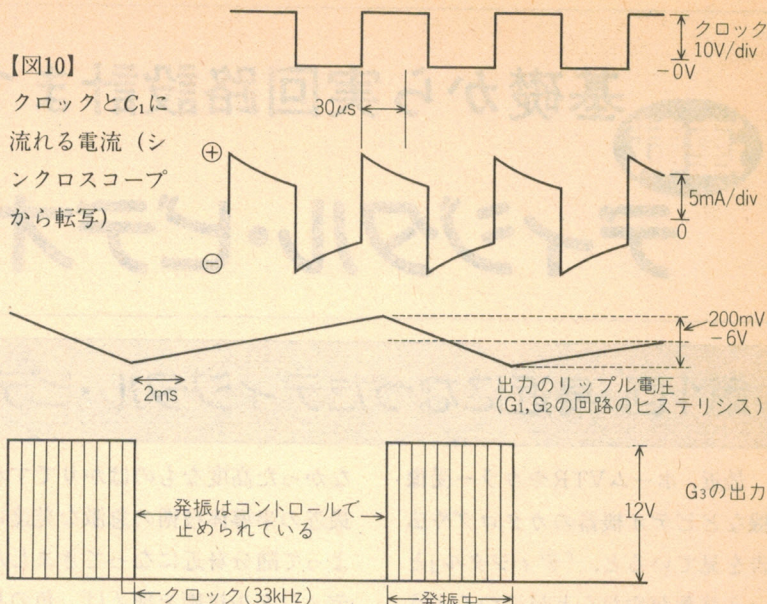
5月号　スイッチング素子とフライバック型レギュレータ

6月号　ダイオードと極性反転型レギュレータ

7月号　コイルと昇圧型レギュレータ

8月号　コンデンサと降圧型レギュレータ

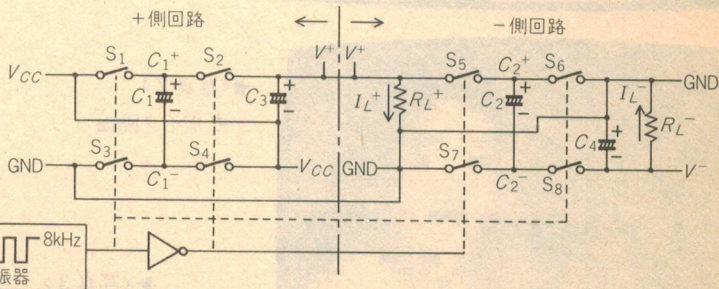
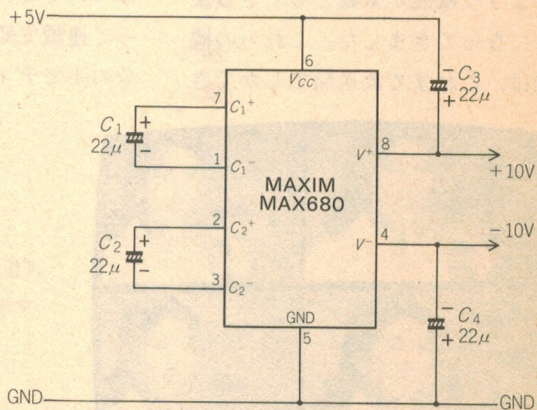
9月号　ノイズ問題とTL496を用いたレギュレータ

〈写真4〉マキシムMAX680

【図10】クロックとC_1に流れる電流（シンクロスコープから転写）

【図11】図9の電圧コントロールの様子(シンクロスコープから転写)

【図12】MAX680の標準的な使い方

【図13】MAX680の内部動作

基礎から実回路設計までを学ぼう

連載

ディジタル・ビデオ回路入門

第1回 身近になったディジタル・ビデオ

榎並和雅

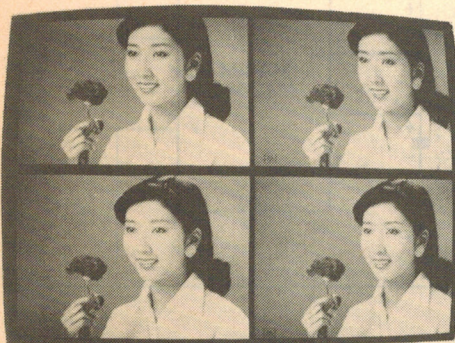
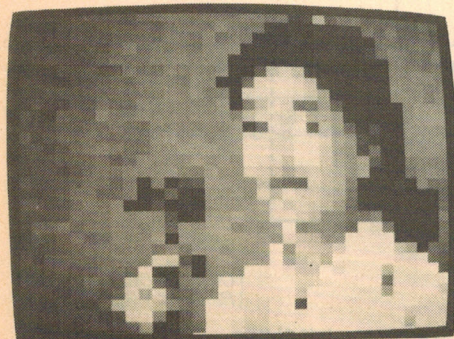
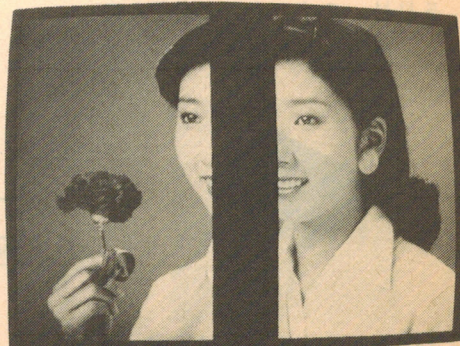
最近，ホームVTRやカラー受像機などビデオ機器のカタログや広告を見ていると，「ディジタル」という言葉がやたらと目につくようになったと思いませんか。番組予約のような便利機能はもちろんのこと，それ以外に画像を止めたり，マルチ画像にしたり(**写真1**)，モザイクにしたり(**写真2**)，ビデオ信号そのものをディジタル処理するような機能が家庭でもできるようになってきました。これらの機能は，これまで放送局でしかできなかった高度なものばかりですが，最近の半導体技術の急激な発達によって随分身近になってきました。ディジタル技術を使えば，色の具合を調節したり，画像を分割したり(**写真3**)するなんて朝めし前です。こんなことが自由にしかも割合安価に扱えるようになってきたのです。

このディジタル・ビデオの技術についてこれから約1年間にわたって連載で紹介していきます。自分の手でディジタル・ビデオの回路が組め，自分だけの絵作りができるようになるようにお手伝いしていきます。

今回は，ディジタル・ビデオの概論ということでディジタルとは何か，どんないいことがあるのか，どんなところに使われているか，など関連技術について解説していきます。

激変するディジタル・ビデオ技術

まず初めに，私自身がディジタル・ビデオに関して2回のショックを受けたことから紹介しましょう。

その1回目は今から10年ほど前の，まだ私が放送局に入って駆出しの頃で，放送技術者の国際的なある集まりに参加した時のことです。アメリカの3大ネットワークの1つであるCBSの技術者が，写

〈写真1〉
マルチ画面

◀〈写真2〉
モザイク画面

▶〈写真3〉
画面の分割

〈写真4〉
〝ノイズリデューサ〞を使って画面をきれいにする

(a) 原画

(b) ノイズを除去した画面

真4(a)のようにざらつきのあるビデオ信号を，写真(b)のようにきれいにする〝ノイズリデューサ〞という装置について発表したのです。そのころは，医療用とか宇宙用とかで画像処理技術の研究が徐々に注目され始めたときでした。これらの研究は，1枚1枚の静止画にたっぷり時間をかけてノイズを取るといった処理をするのが常識だったのに(今でもなかなか大変なことですが)，その新しい装置は動画のビデオ信号を止めないでリアルタイムに処理し，きれいにしていたのです。はじめはとても信じられなくて眉つばではないかと思ったくらいです。しかしその後，文献やデモンストレーションなどでその詳細を知るにつれ，ちゃんとした理論にのっとり，ディジタル・ビデオ処理技術を使って実現していることが分かりました。私にとってこれが最初のディジタル・ビデオとの出会いでした。それまでにも，後で紹介するTBC(タイムベースコレクタ)などのディジタル機器は放送局に徐々に導入されつつあったのですが，私にはあまり目立った存在ではなかったのです。しかし，非常に高速な処理が必要だと思っていたディジタル・ビデオ処理技術も，実用化が可能であるということを知らされたのです。その後，放送局にはいろいろなディジタル機器が続々と導入されてきました。

そして，2回目のショックはごく最近の昨年秋のことです。ある雑誌を見ていたところ，あの〝ノイズリデューサ〞が家庭用のVTRの中に入っているという記事を見たときです。10年前の装置は当時のお金で数百万円ぐらいはしたと思います。それが，ほとんど同じ回路構成でありながら十数万円のVTRに内蔵されてしまったのです。そのほかにも，すでに述べたような画面を変形させたりするいろいろなディジタル機能が付いた家庭用VTRも出始めています。こうした機能だって放送局では2～3年前まで何千万円も出さなければ実現できなかったものなのです。

このようにディジタル・ビデオ技術は，そんなに古い技術ではありません。そして，プロ用の技術だと言って私達がいばっているわけにはいかない，本当に身近な，急速に普及しつつある技術なのです。

ディジタルってなんだっけ

なぜこのようにディジタル・ビデオ技術がもてはやされるようになったのでしょう。これに答えるにはまずディジタルについて知る必要があります。

ディジタル(digital)はdigit(数値)の形容詞です。時間とか長さとかを数値で表したのがディジタルで，これに対応する言葉がアナログです。普通のVTRやビデオカメラなどから出てくるビデオ信号は，図1(b)のような格好をしたアナログの信号です。その信号の大きさが大きいほど画面が明るく，小さいほど暗くなるといったようになっています。このアナログのビデオ信号をディジタル化するということは，図1(c)のように信号の大きさを数字で表すように変換するということです。この変換のことを量子化といいます。そしてディジタル回路の中では，図1(d)のように〝0〞と〝1〞の2種類の数字を組み合わせた，いわゆる2進数で扱います。TTLの回路では普通，〝0〞を0Vぐらい，〝1〞を5Vぐらいの各電圧値で区別します。

さて，このように量子化するにはビデオ信号を時間的に区切って行う必要があります。例えば，図1(a)のようなテレビ画面では左側の画面は明るいので大きな数値で，右側の部分は暗いので小さな数値で表わすといったように，時間的

(場所毎)に別々の数値で表す必要があります。実際には図1(e)のように，より細かい画面も表せるようビデオ信号(画面)を一定間隔で非常に細かく区切り，それぞれを数値で表現するようにします。この時間的な区切りをつけることを標本化といいます。

ビデオ信号をディジタル化するということは，このように量子化と標本化をすることなのです。そして，元のアナログ信号を忠実に再生するように，できるだけ多くの桁数の数値を使って細かく量子化し，またできるだけ細かく時間を区切るように標本化する必要があります。それぞれを細かくすればするほど，より忠実にアナログ信号を再生することができるわけですが，際限なく細かくすると，膨大な数値データの山になってしまいます。しかし幸いなことに，人間が見分けることができる細かさには限界があり，通常，量子化は256段階で十分です。256段階は2進数で8桁になりますが，これを8bit(ビット)といいます。また標本化については，1画面を水平約700個，垂直500個程度に分けます。

(a) テレビ画面

(b) アナログビデオ信号

(c) ディジタルビデオ信号

170 155 132 119 95 83 61 48

(d) 2進数で表わしたディジタル信号

10101010 10011011 10000100 01110111 01011111 01010011 00111101 00110000

(e) ビデオ信号の標本化

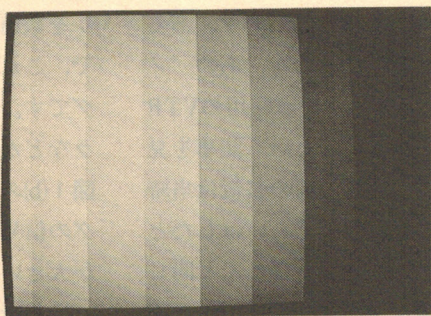
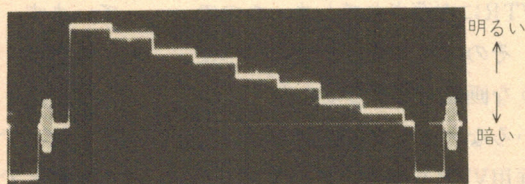
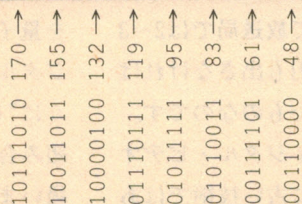
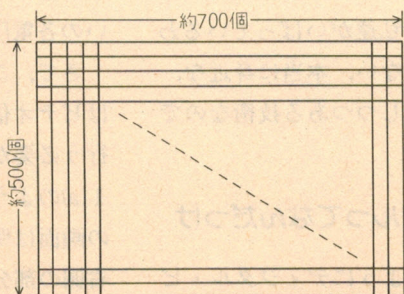
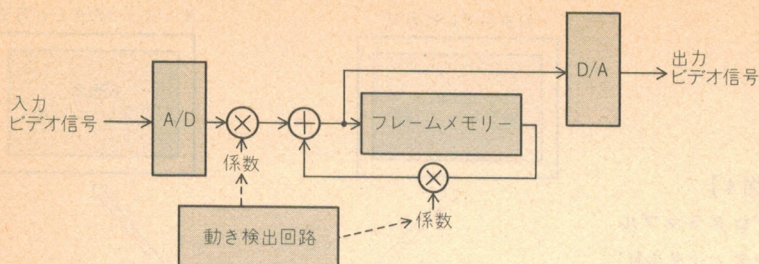
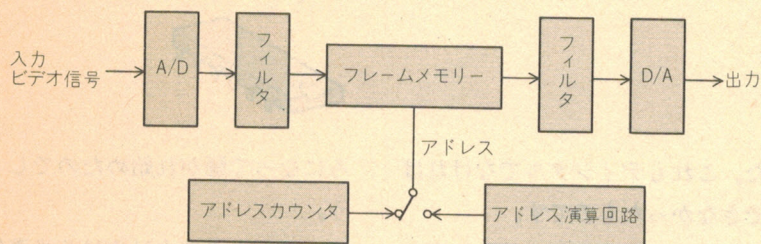
【図1】ディジタル・ビデオ信号

ビデオ信号は1秒間に30枚の画面から成っているわけですから，1秒間に約(700×500×30)個つまり約10^7個の標本点に直せばいいのです。言い替えれば，標本化の周波数は約10MHzというわけです。また，ビットの数に直せば，8×10^7bit/secです。

それにしても，ディジタル・ビデオ信号は大変なデータ量であることが想像できるでしょう。

なぜディジタルにするの？

もともとアナログであるビデオ信号をなぜわざわざディジタルにするのでしょう。しかも忠実にアナログ信号に再生できるように気を使いながら……。これには多くの理由があるのです。

まず第1に高画質のため，記録や伝送などにおいて，波形ひずみやノイズ混入などの妨害を受けることが多いのですが，これに対しディジタル信号はめっぽう強いのです。例えば，音の世界では今春に発売されたDAT(ディジタル・オーディオ・テープレコーダ)を考えてみましょう。これはディジタル音声を記録・再生できるものですが，これまで以上に著作権協会などからダビング防止のための対策を講じるようにとの声が上がっています。これは，記録・再生を繰り返しても音質が劣化しないからです。アナログでは音の波形そのものでテープ上に記録するわけですが，波形にひずみやノイズが加わるとそのまま音質に影響を与えてしまいます。ところが，ディジタルでは前に述べたように，波形を1と0の2つの数字で表現し，

【図2】ノイズリデューサの原理的構成図

【図3】画面の変形をする回路の基本構成図

これをテープに記録するので，多少の妨害が入っても数値さえ変わらなければ許されるのです。このことがビデオ信号でも言えます。

この特徴を生かして，放送用途のディジタルVTRが製品化されました[1]。アナログVTRでは10回もダビングをすると**写真5**のようにとても見られない画面になってしまいますが，ディジタルVTRなら原画とほとんど見分けがつきません。ビデオ信号は音声信号に比べて格段にデータ量が多いので，高密度記録技術が要求されます。したがって，家庭用ディジタルVTRの製品化はまだ数年以上先だと考えられています。しかし冒頭にも述べたような勢いですから，案外早い時期に身近なものとなるかもしれません。

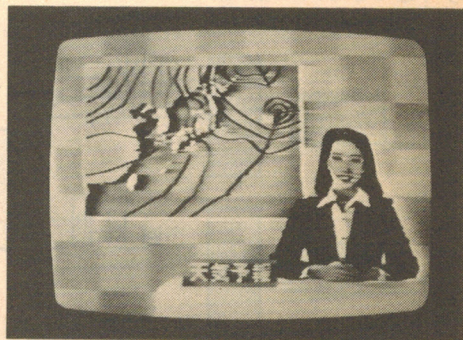
第2のディジタル化の理由として，アナログに比べ信号の処理・加工の自由度が格段に大きいことがあげられます。特に，半導体メモリーを使った処理はディジタルが優れています。1枚の画像を記憶するような大容量のメモリー(フレームメモリー)はアナログでは実現困難です。

このフレームメモリーを使うと，既に述べたノイズリデューサが実現できます。**図2**はノイズリデューサの原理的な構成です。次々入力されてくる画像を加算平均するような処理をすればいいのです。

また，**写真1**のように画像を縮小させたりあるいは回転させたりする回路もフレームメモリーを使うと簡単にできます。**図3**はその基本的な構成図です。入力された1枚の画像を，一たんフレームメモリーに順序よく入れ，これを読みだすときは，入力したときとは違ったアドレスの進め方で行うようにします。例えば，4分の1の面積に画面を縮小させるには，水平方向にも垂直方向にもデータをひとつずつ読み飛ばせばいいのです。また，フレームメモリーへの入力をやめると，ストップモーションができることは容易に分かるでしょう。

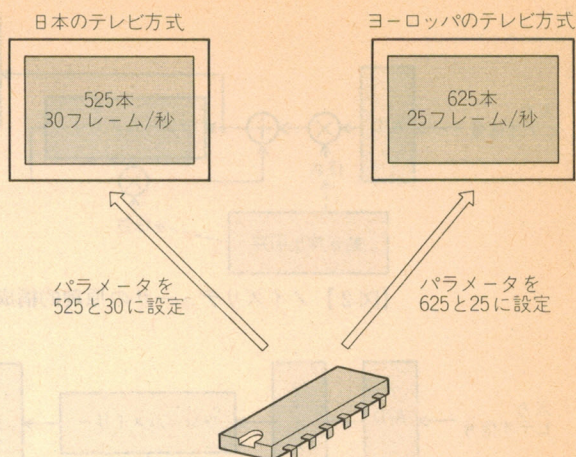
第3のディジタル化の理由は，無調整化，高信頼化です。アナログの回路を組んだ人なら経験が有るでしょうが，設計して配線が終ったら，いよいよ調整だといってツマドラを持ちだし，VRやコイルなどを動かし始めるのが普通です。しかしディジタルの場合，設計や組立・配線に間違いがなければ，まず一発で動作するはずです。回路間の配線長などでトラブルがあるかもしれませんが，これも設計

〈写真5〉
ダビングを繰り返した画面

(a) ホームVTRに1回だけ録画・再生した画面

(b) 10回ダビングした画面

時に注意すれば避けられる問題です。このメリットもやはりディジタル回路が2値で動作しているからです。ビデオ機器の工場で調整の工程が省略できれば，製品コストの低下が期待できます。また，長年にわたって装置を使っていると部品の特性などが変化して再調整が必要になりますが，同様な理由でディジタルの方が長持ちします。

第4の理由はLSI化が容易であることです。アナログ回路ではコンデンサやコイルがよく使われますが，これらを半導体に置き替えLSIの中に組み入れることはできません。そこで，ICの外側に付加していかねばなりません。一方，ディジタル回路は全てゲート(ANDやOR回路)の組み合わせで実現できるので，LSI化を容易に進めることができるのです。

第5に，同じ回路を使いながらその機能や性能を簡単に変えることができるといった，いわゆるプログラマブルな性質もディジタルの特徴です。例えば，日本やアメリカとヨーロッパでは，走査線の数が違うなどTV方式が異なっており，受信機の回路もアナログでは互いにかなり違っています。しかし，図4のようにどちらの方式にも対応できるICが登場してきました。これもディジタルでなければできなかったものです。

【図4】プログラマブルなディジタルICの例

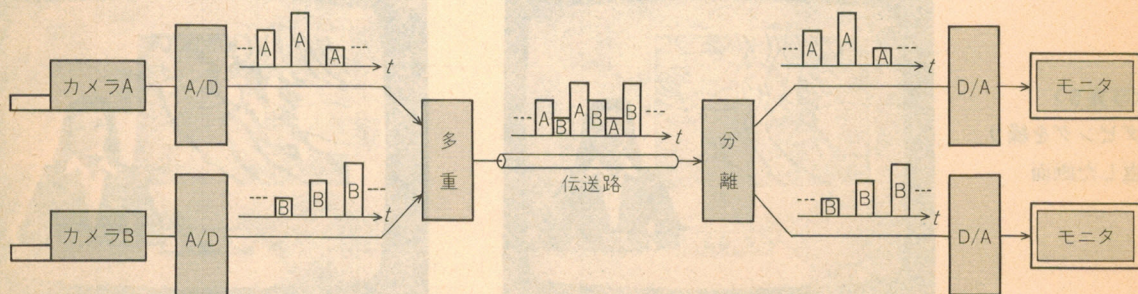
日本のテレビ方式
525本
30フレーム/秒
パラメータを
525と30に設定
ヨーロッパのテレビ方式
625本
25フレーム/秒
パラメータを
625と25に設定

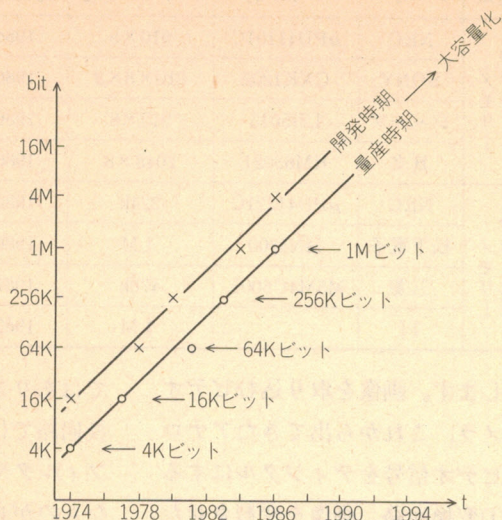
そのほか，時分割多重・処理ができるというメリットもあります。ディジタル信号は前述のように標本化されていますが，標本点と次の標本点の間の期間は空いています。そこでこの空いた期間を利用してほかの仕事をさせることができます。図5のように，1つの伝送路や回路に複数の信号を乗せたり，処理したりすることが簡単にできるのです。

いまなぜディジタル？

このように，画質がいい，処理がしやすい，調整がいらない，などディジタルにするといいことがいっぱいあります。でも，このことはもうだいぶ前から分かっていたことです。それなのになぜ今ごろになって騒がれ始めたのでしょう。

この最大の理由はやはり半導体技術の発展のおかげです。前述のようにディジタル・ビデオ信号は約10MHzで標本化されているので，これに見合う高速のA/D変換器(アナログをディジタルに変換する回路)や演算回路，メモリーなどが必要になります。これらの部品が，高速化され，小型になり，しかも安く手に入るようになってきたからです。いくつかの例を挙げてみましょう。

A/D変換器の場合，10数年前までは10MHzを超える変換スピードのものは市場にはありませんでした。1975年頃になるとA4版程度の基版に，アナログ比較回路などの個別部品を載せたものが売られ始めました。当時，100万円はしたと

【図5】ディジタルは時分割多重・処理が容易

【図6】
ダイナミックメモリーの大容量化

思います。それでも変換スピードは10MHzそこそこでした。それが今では，20MHzぐらいの1チップA/D変換用ICが数千円以下で買えるようになっています。11MHz，6ビットのものですが，1,000円以下で買えるものもあります。また，値段はまだ高いのですが100MHz以上のICも手に入るようになりました。

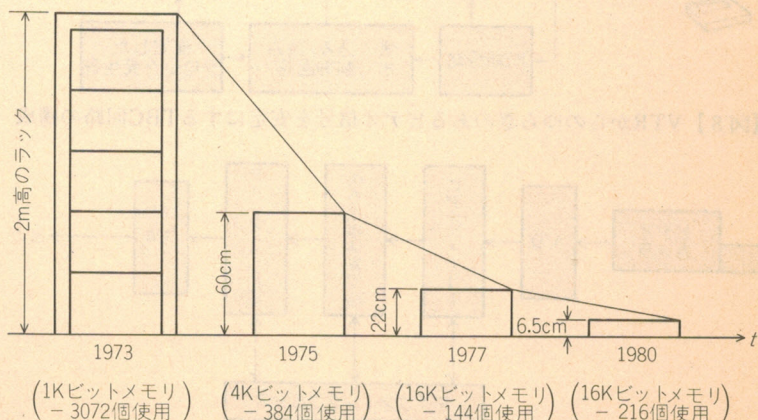
また，メモリーの大容量化の例も見てみましょう。**図6**にディジタル・ビデオ機器でよく使われるダイナミックメモリーの容量の変遷を示しました[2]。ビット当り価格も10年で100分の1になりました。これに伴って，例えばメモリーをふんだんに使うフレームシンクロナイザと呼ばれる装置のサイズも，**図7**のように見事にコンパクトになりました[3]。

そして，家庭用のビデオ機器がある程度普及したということが，ディジタル・ビデオ化に拍車をかけていることも見逃せません。家電メーカーが新しい製品をたくさん売るには新しい機能をのせて，他社のものとの差別化をつけることになります。このとき，ディジタル・ビデオはまさに格好の材料になります。しかし，放送局用のような高い価格をつけるわけにもいきません。そこで，価格を下げるためにホームビデオ用のディジタルLSIが盛んに開発されてきました。**表1**に，その代表的なものとしてビデオ用の専用メモリーをリストアップしました。こうした動きは放送技術者やビデオマニアにとって大変喜ばしいことです。

また，パソコンが普及したこともディジタル・ビデオ技術に関心がでてきた理由の1つでしょう。ビデオカメラで撮った画像を自由に処理したり，パターン認識したいという要求が出てくるのは当然の動きでしょう。

どんなところで使われているか

画面の変形やストップモーション，ノイズの軽減，色の変換，ビデオテープへの記録再生などがディジタル技術の得意なところであることを述べました。そのほかにも，家庭用のビデオ機器の中でいろいろな形で使われています。

図8は，はじめの方で少し触れたTBCの原理図です。VTRからのビデオ信号は，再生用の磁気ヘッドドラムの回転むらや，テープの伸び縮みなどによって時間的に安定していません。この問題は，VTRからのビデオ信号を単にTV受像機で見ているときは余り気にはなりませんが，この信号とカメラからの信号とをミックスしたいときなどでは相対的な揺れが問題となります。この問題もビデオメモリーを使うと簡単に解決できます。メモリーへの書き込みと読みだしとを独立に行えばいいのです。ちょうど貯水タンクの原理と同じです。激しく出たり，チョロチョロとしか出ない水道を，一たんタン

【図7】フレームシンクロナイザのサイズの変遷

クに貯めれば安定に供給できるのと同じように，ビデオ信号ではタンクの代わりにメモリーが使われます。

VTRを早送りしたり，止めたりするとノイズバーが出ますが，これもビデオメモリーを使うと簡単に取れます。

また，ビデオカメラの中でも例えば,CCDやMOS型の撮像素子を駆動する回路などはディジタル技術が使われています。最近話題の電子シャッター付きのビデオカメラもディジタル技術の一部が使われています。

さらに，カラー受像機の分野でも，もっと解像度を上げたいということで走査方式を変換する回路にも使われ始めています。

放送局の中では，そのほか多くのところで使われています。

種類	メーカー	チップ名	メモリー容量	発表時期
ラインメモリー	NEC	μPD41101C	910×8	1984
	SONY	CXK1202	910×8×2	1986
	シャープ	LH5015	913×8	1986
	日立	HM63021	2048×8	1986
フィールドメモリー	NEC	μPD41221C	224k	1984
	松下電子	MN4700	1 M	1986
	三菱	M5M4C500L	470k	1987
	TI		1 M	1987

【表1】ビデオ専用メモリー

次号からの連載をお楽しみに

ビデオ信号をディジタル処理する装置の基本的な構成例を図9に示します。画像を取り込むビデオカメラ，これから出てきたアナログビデオ信号をディジタルにするA/D変換回路，画像を変形させたりするためのビデオメモリー回路，画像の色の調子を整えたりする信号振幅演算回路，ぼけた画像をくっきりとさせたり，ノイズを減らしたりするフィルタ回路，そして処理されたディジタル信号をアナログに直すD/A変換回路，マイコンやパソコンとのインタフェース回路などから成っています。

これらの回路は，単にICを買ってきてつなげばいいというものではありません。例えば，A/D変換回路では，アナログの低域通過フィルタやクランプ回路など様々なものが必要です。ビデオメモリーだって高速なディジタル・ビデオ信号を，どうやってアクセスタイムの遅いメモリーチップに書き込むかなどの工夫が要ります。とはいってもそれほど難しい技術ではありません。いままでのICの使い方に若干高速化の工夫が加わったぐらいです。

今後，これらのディジタル・ビデオ処理回路について，放送技術のプロがノウハウや関連技術の動向を織りまぜながら解説していきます。この連載が終った頃には，きっとあなたは大変なビデオマニアになっていることでしょう。

次回は，ディジタルビデオ信号を処理する上で，よく使われるディジタル・フィルタの話など基礎的な技術を取り上げ，ビデオ信号のディジタル化についてもう少し詳しく解説します。

【図8】VTRからのゆらぎのあるビデオ信号を安定にするTBC回路の構成

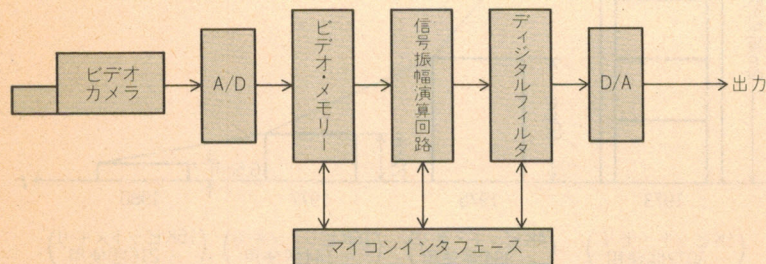
【図9】ディジタルビデオ処理装置の構成例

〈参考文献〉

(1) 嶋田："D-1VTRの概要", エレクトロニクスライフ 1987,1

(2) 天満他："画像処理システム", 情報処理学会誌, vol.27 No.6

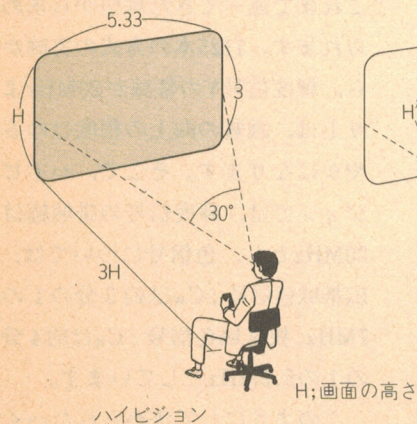
(3) 稲葉他："ディジタル技術", TV学会誌, vol.37 No.4

（NHK放送技術研究所画像研究部）

本格的AV時代への切り札
ハイビジョン・システムの概要

尾毛谷　高

1．ハイビジョンとは

ハイビジョンという文字を初めて目にされる方も多いと思います。ハイビジョンとは，NHKが現在のテレビを越える，未来のテレビのあり方を求めて開発してきた，全く新しいテレビのことです。いわゆる高精細度テレビ(HDTV：High Definition Television)のことで，開発の始められたころには，高品位テレビと呼ばれていました。

ハイビジョンを初めて見た方のほとんどは，その画面のキメ細かさ，色のあざやかさに魅入られて「これがテレビですか」と驚き「いったい，いつになったら，こんなテレビが家庭で見れるようになるのですか」といった質問をされています。それが，もうすぐ手の届くところまできているのです。

<生いたち>

それでは，ハイビジョンがどのようにして生まれたかについて，簡単に紹介しましょう。

ハイビジョンは，今から15年程前の昭和45年に，NHKの技術研究所で，未来のテレビはどうあるべきかというテーマのもとに，研究が始められました。

今や，音声放送はFMステレオ放送から，放送衛星によるディジタルPCM放送へと発展し，町にはCD(コンパクトディスク)があふれ，今またDAT(ディジタル・オーディオ・テープレコーダ)さえ登場し，耳の能力の限界近くまでの高品質化が実現し，一般の人々を楽しませています。

ところが，現在のテレビは，約45年前に，当時の技術レベルや，様々な制約条件のもとで作られた方式で，最近のディジタル技術の進展で，少しずつ高性能化のきざしが見えてはいますが，今のような，情報化社会の到来を迎えて，少しばかりもの足りなくなりつつあります。

このようなテレビの画像が高品質化されれば，その迫力や臨場感といった魅力とともに，テレビが現代の多様化された情報社会の中で，いろいろな夢をかなえてくれるメディアとなることでしょう。

NHKでは，このような新しいテレビ時代の訪ずれを予測して，未来の理想のテレビの開発をスタートさせたのです。

研究を始めるにあたっては，現在のテレビにとらわれることなく，人間の視覚の持っている性質や，人間のテレビを見るときの心理状態，テレビに対する期待などを重視して，テレビ本来のあり方を考えるという原点にもどって，様々な実験がくり返され，その方式が検討されて，開発されたものなのです。

それでは次に，このようにして開発されたハイビジョンの持つ特徴とは何か，現在のテレビとの比

【図1】ハイビジョンと現行テレビの比較(画面と視距離)

較をしながら説明していきます。

2.ハイビジョンの特徴

ハイビジョンの特徴を，ひと言でかいつまめば,「キメ細かく色あざやかな横長の大画面テレビ」とでも言い表せるでしょう。その規格の主なものを，現在のテレビと比較したものを**表1**に示します。

項目		ハイビジョン	現在のテレビジョン
視るに適した位置		画面の高さの約3倍	画面の高さの約7倍
走査線の数		1125本	525本
画面のタテ・ヨコの比		3：5.33	3：4
インタレースの比		2：1	2：1
毎秒あたりの画像数		60フィールド/秒	60フィールド/秒
映像信号帯域	輝度信号	20 MHz	4.2MHz
	色信号(広帯域)	7 MHz	1.5MHz
	色信号(狭帯域)	5.5MHz	0.5MHz
音声の方式		ディジタルPCM信号	アナログ信号

【表1】ハイビジョンと現行テレビジョンの比較(仕様)

<画角と最適視距離>

ハイビジョンは，画面を大きくワイドにすることによって，臨場感や迫力を生み出しています。人間の眼にみえる範囲は水平方向に約200度近くもあるといわれ,広い範囲に画像が表示されればされる程，相対的な画面の枠の存在が目立たなくなり，画面の空間と，見ている人間のいる空間とがつながって，画面に引きこまれるように感じられ，臨場感，迫力，といったものが生れてきます。

図1に示すように，ハイビジョンでは，画面を見るに適していると考えられる位置(最適視距離)を，実験の結果から画面の高さHの約3倍の距離としています。このときの，水平の画角は約30度とワイドで，このことが，ハイビジョンの自然感や臨場感を生み出しているのです。

もっと近づくと，画角は広くなりますが，かえって画面から受ける圧迫感や，めまぐるしさが生まれ，不自然感が強まります。

一方，現在のテレビの最適視距離は，走査線のあらさが気にならない約7Hの距離が必要といわれており，このときの水平画角は約10度になります。これではとてもテレビから迫力やリアリティを感じることはできません。

<画面の大きさとタテ・ヨコ比>

画面に引きこまれるような感じを起こすには，単に画角を大きくするだけではなく，画面の絶対的な大きさも，大事な要素となります。

家庭内では，テレビを2.5m程度離れてみるとすると，画面の大きさは,タテ0.8m×ヨコ1.4m(約60インチのテレビに相当する）からタテ1.0m×ヨコ1.7m(約75インチに相当する）もの大画面が好まれることが実験により分かっています。またタテとヨコの比率も横長のものが好まれるということから3：5.33(9：16)に決められました。ちなみに映画のシネマスコープでは約3：7の比になっています。

<走査線の数とフィールド周波数>

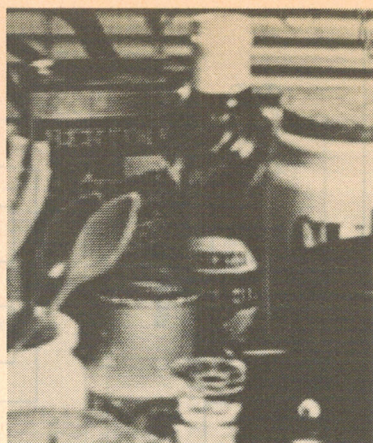
人間の眼は，細かいものが見えなかったり，ちらつきの速いものには感じないといった特性を持つために，画面を見る距離がきまると，必要な走査線の数や，毎秒あたりの画像数(フィールド周波数)が決まります。

3Hの視距離からみて，走査線が目立たない条件を求めると，最低1000本が必要になります。具体的な走査線の数を決めるには，現在のテレビとの間の画像の変換の事も忘れてはいけません。そのため,NTSC方式(主として日本やアメリカで使用)の525本と7：15の比,PAL方式（主としてヨーロッパで使用)の625本とは5：9の比と,簡単な整数比となる1125本が，走査線数として選ばれています。**写真1**により，ハイビジョンと現在のテレビの画質の差を比較してください。

また，毎秒あたりの画像の枚数は，画面のちらつきと，動く画像のなめらかさを考えて，きめられます。ハイビジョンの場合は，現在のテレビと同じ条件で十分満足できるため，2：1インタレースで毎秒あたりの画像数は60秒としています。

<信号の帯域幅>

ハイビジョン信号の帯域幅は，これまで述べてきた規格から求められます。1125本の方式の実験から，輝度信号Yの帯域が20MHzより上は，画質の向上の程度はゆるやかになります。そこで，ハイビジョンでは，輝度信号の帯域幅は20MHzとし，色信号については，広帯域色信号；C_Wは約3分の1の7MHz,狭帯域色信号；C_Nは約4分の1の5.5MHzとしています。

このようにして決められたハイ

〈写真1〉ハイビジョン(左)と現行のテレビの画質の差

ビジョン画像の持っている情報量は，現在のテレビと比較すると，約5倍になります。このことは，走査線数が約2倍となったために単位面積あたりの情報量が約4倍になり，さらに画面が3：4から3：5.33とワイドになったために約5/4倍の情報量が増えたため，あわせて約5倍となったと考えてもよいでしょう。

これを実際に画面に割り当ててみると，**写真2**のようになります。走査線のあらさを同じと考えると，現在のテレビではバッテリーしか撮れなかったものが，ハイビジョンでは，グランド全体が見れるようになるわけです。

〈音声信号〉

ハイビジョンは，映像信号についての新しい方式ですが，その映像の高品質さにみ合った高音質の放送が楽しめるように，現在のテレビの衛星放送に用いられているものと同じような，ディジタルPCM方式を使用します。さらに4チャネルの放送もできるように準備されています。

3．ハイビジョン放送用機器開発の現状

これまで述べたような過程を経て完成されたハイビジョンは，今や放送の実用化に向けて，様々な機器が開発されています。その主なものを図2に示します。

この図から分かるように，現行のテレビとほぼ同じ種類の放送機器が開発されており，ハイビジョン番組の制作に活躍しています。それでは個々の機器の現状について紹介しましょう。

〈撮像機器〉

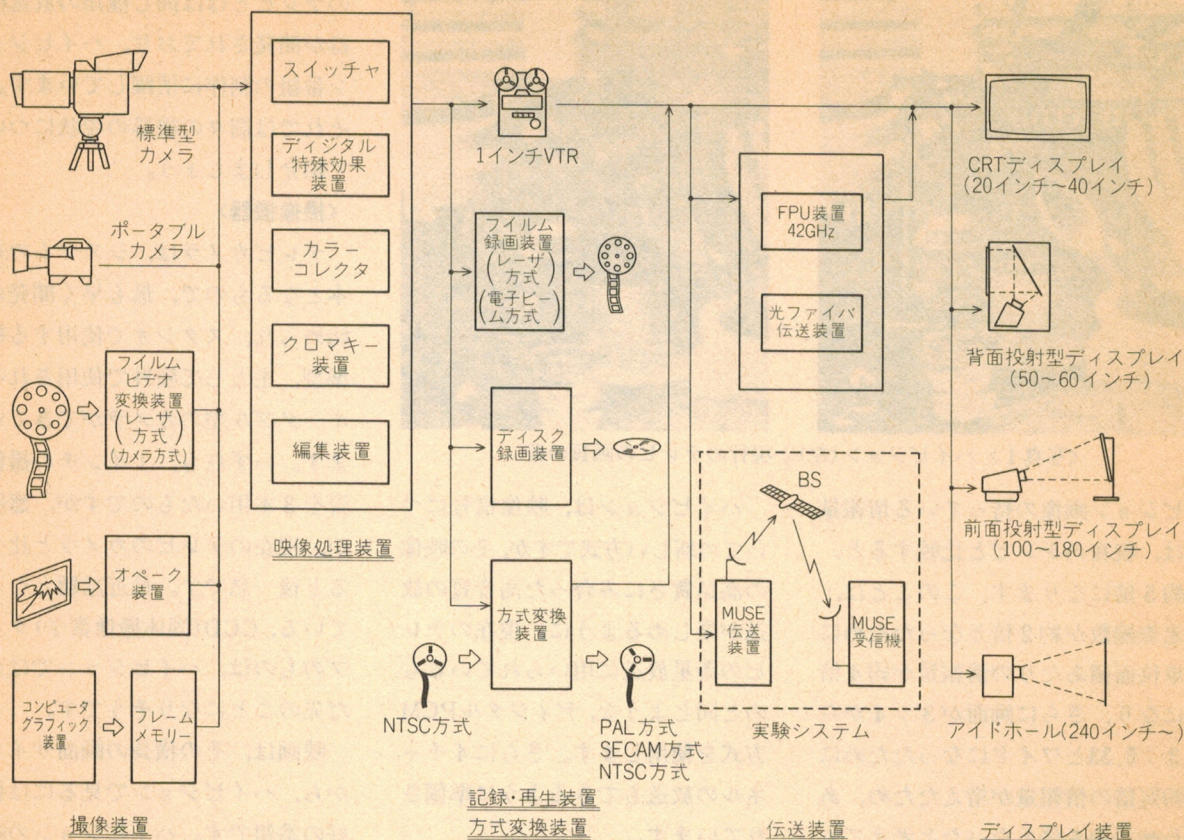
テレビカメラは，システムの基本となるもので，最も早く開発が始められ，スタジオで使用する標準型，主として屋外で使用されるポータブル型のカメラができています。いずれも，1インチの撮像管を3本用いたものですが，感度が，現在のテレビのカメラと比べると後一息です。最近話題となっている，CCD(固体撮像素子)タイプのものは，ハイビジョンではまだ先のことになりそうです。

映画は，その横長の画面サイズから，ハイビジョンで見るには格好の番組です。ハイビジョンの画質は35㎜映画のそれよりもすぐれており，70㎜映画の画質に近づいています。この画質を損なわないでハイビジョンに変換することのできる，レーザ光線を用いたフィルム―ビデオ変換装置が開発されています。通常のカメラと映写機の組み合わせによる変換装置もできています。

そのほか，写真などをビデオに変換するオペーク撮像装置，また，最近多くの分野で活用されているコンピュータグラフィック装置によるハイビジョンの画像作成装置も開発されました。

〈映像処理装置〉

図2に示されるように，各種の映像処理装置は，現行のテレビでで使われている放送用機器と，ほぼ同じものが開発使用されています。

〈写真2〉最適視距離からみた画面(ワク内が現行テレビ)

【図2】ハイビジョンの放送用機器開発の現状

〈記録再生装置〉

ハイビジョンシステムを構成する上で，記録再生装置は欠かすことのできない機器のひとつです。ハイビジョンのように，情報量が現行テレビの5倍にもなる信号を，記録しなければならないVTRの開発は大変でした。複数のヘッドを使用し，テープの走行速度をあげるなどして，高密度記録を可能にし，現在は1インチ磁気テープを用いて60分記録できるVTRが制作現場で活躍しています。近い将来には，カセット型のVTRも出現するでしょうし，家庭用のホームVTRが発売されるのもそう遠い日のことではありません。

先程もふれたように，ハイビジョンと映画の相性はよく，映画をハイビジョンシステムを用いて作ろうという動きが高まっています。そこで，ハイビジョンの信号を映画フィルムに焼きつける装置も開発されました。ハイビジョンの高品質の映像が劣化しないよう，ここでも，レーザ光線や電子ビームを用いて，直接フィルムを露光できる装置が作られています。実際に録画されたフィルムは，従来の手法で作られた映画フィルムにまさるとも劣らぬ画質を持つだけでなく，その制作コストも安く，また，編集・特殊効果の点でもテレビの技術手法がそのまま使えるため，注目を集めています。

ディスクを用いた動画再生装置は，後に述べるMUSE方式で30分から40分程度のものができていますが，ハイビジョンの動画をそのままおさめるものは，まだ短い時間に限られます。このほか，静止している画像のディスク再生装置ができています。

〈方式変換装置〉

ハイビジョンの実用化が進めばハイビジョンの番組を，現行のテレビにも利用したいという声も当然起きてきます。そのために，ハイビジョンから現行のテレビの各方式(NTSC, PAL, SECAMなど)に変換する装置も作られました。また逆に，現行テレビで作られた映像をハイビジョンに使うための変換装置もできています。

〈伝送装置〉

情報量の多いハイビジョンの信号を伝送するには，現在のテレビより広い周波数帯域幅が必要とされます。しかし，現在使用されている電波帯は，現行テレビや通信

に割り当てられており，使用できるすき間がありません。そこでミリ波帯の電波を使用して伝送する装置が開発され，実験中です。また，電線にかわって，帯域の広くとれる光ファイバを用いて伝送する装置も開発が進められています。

ハイビジョンの放送についても同じことがいえます。現在のテレビチャネルは一杯で，ハイビジョンに対する余裕がなく，放送衛星を用いての放送が計画されています。ただし，ここでもハイビジョン信号は，このままではテレビ1チャネルの帯域幅27MHzでは足りないので，なんとかこの帯域内に納まるように情報を圧縮する必要があります。

このために開発されたのがMUSE方式(MUltiple Sub-nyquist-sampling Encoding：多重サブナイキストサンプリング）による信号の圧縮です。これは，高度なディジタル処理技術を用いて，帯域の広いハイビジョン信号を，放送衛星の1チャネルで送信可能な8MHzの帯域幅まで圧縮するものです。この方式は簡単に言えば，1枚の画面を図3に示すように，¼ずつの情報を持つ4枚の画面に分けて順番に送り出し，受信側で1枚の画に復元するものです。

(a) 原　画

(b) まず¼の画面をつくる

(c) 次の¼の画をつくる

(d) ¼ずつの画が4枚に分けられる

【図3】MUSE伝送方式の原理

<ディスプレイ装置>

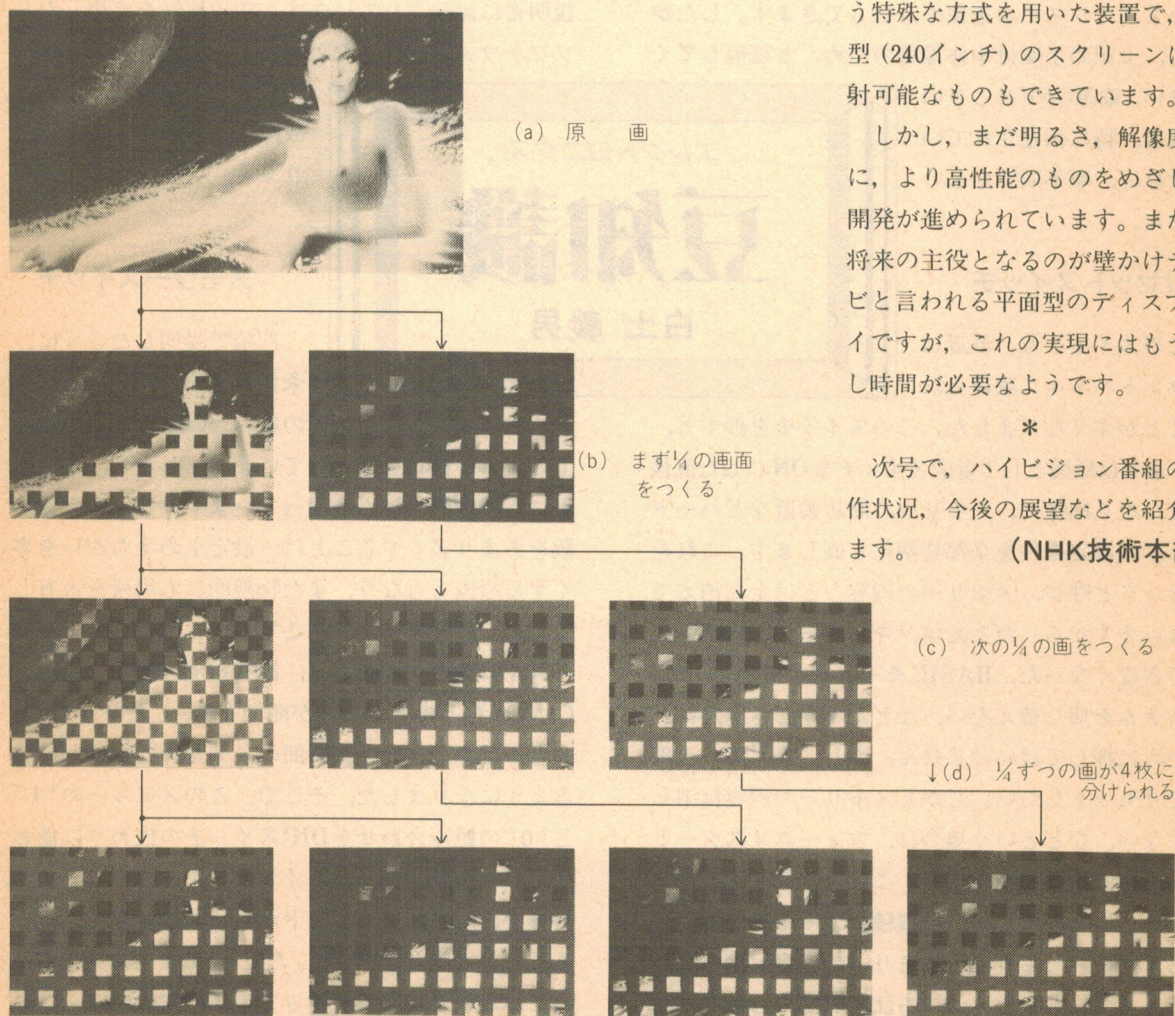
ハイビジョンの特徴を余すところなく楽しむためには，ディスプレイ装置も，最も重要なもののひとつです。これの性能によって，ハイビジョンの能力が決定されると言っても過言ではありません。

ハイビジョンでは，前にも述べたように，大画面が必要ですが，解像度の高い，明るい画面のディスプレイを開発するのはなかなか大変です。それでも，現在CRTを用いたものでは最高40インチのものが，また投射型のものでは50～180インチのものが開発されています。そのほかにアイドホールという特殊な方式を用いた装置で，大型（240インチ）のスクリーンに投射可能なものもできています。

しかし，まだ明るさ，解像度共に，より高性能のものをめざして開発が進められています。また，将来の主役となるのが壁かけテレビと言われる平面型のディスプレイですが，これの実現にはもう少し時間が必要なようです。

＊

次号で，ハイビジョン番組の制作状況，今後の展望などを紹介します。　**(NHK技術本部)**

電源スイッチの投入手順

マイコンは，その本体だけを単独で使うことはほとんどなく，少なくともCRT，さらにプリンタ，フロッピーディスクなど周辺装置を接続して使います。これらのシステムの電源スイッチをONにするとき，取扱説明書を読んでみると，たとえば〝プリンタを除き，まず周辺装置の電源をONにし，それからマイコン本体のスイッチをONにしてください。プリンタは最後にONにします〞などと書いてあります。これは，プリンタをONにしたあとで本体をONにすると，本体から過渡的なパルスが発生し，プリンタが動作してしまうことがあるからです。一般的にいえば，この順序はどちらが先でもよいはずで，その証拠に，外部フロッピーを使わないとき，その電源をOFFにしたままでシステムを使うこともできます。したがって，上記の手順は本体保護のため，と理解してください。電源OFFのときの手順は，特に指定されていなければ，順不同でかまいません。

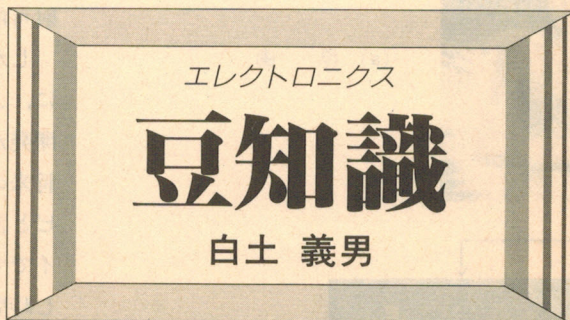
リセットスイッチ

このスイッチも，最近はフロントパネルに設けられることが多くなりました。このスイッチを押すと，マイコンは原則として電源スイッチをONにした直後とまったく同様に，メモリー，周辺装置などハードウェアの設定条件を全部初期化し直します。これをリセットと呼び，メモリーの内容などは全部消えてしまいますから，たとえば，キーボードから何も入力できなくなった，BASICモードからMS-DOSにシステムを切り替えたい，などというとき以外は，やたらに押してはいけません。もし，なんらかの理由でリセットしたい，しかしメモリーの内容は消したくない，などという場合は，ウォームリスタートという非常手段があります。これは，〝STOP〞キーを押しながらリセットする(機種によって異なることもある)方法で，これだとメモリーの内容は消えないで済みます。しかし，この方法は万能ではありませんから，注意してください。

条件設定DIPスイッチ

マイコンは，できるだけ多くの周辺機器と接続して使うことができるよう，いろいろと工夫がなされています。そのひとつが，この条件設定用DIPスイッチです。かつては，マイコン本体の背面に設置されていることが多かったのですが，最近ではフロントパネルに設けられることも珍しくなくなってきました。たとえば，接続する相手のCRTが，320×200ドットの解像度のものか，640×400ドットかの選別，画面に表示する文字・行数の選択，使用言語の種別指定，ターミナルモードとするかしないかの設定，そして設定したときのRS-232Cの伝送速度(ボーレート)の指定，メモリーの使用状況の設定など，マイコンの機種により，それぞれ複雑な設定方法が取扱説明書に記載されています。周辺機器を変更したり，ソフトウェアを変えたときなど，このDIPスイッチの設定状況を確認しないと，故障とまちがえることがあります。

メモリースイッチ

別項で説明したように，条件設定用のDIPスイッチは，マイコンと周辺機器の組み合わせを豊富にする上で大きな役目を果たしています。しかし，なにぶんにも機械的な接点を使っていますから，その接点数をあまり多くすることは，設定上のまちがいを多くする原因ともなり，また物理的にも場所を占有してうまくありません。そこで考えられたのがメモリースイッチです。最近は，消費電流の極端に少ないC-MOSなどのメモリーが開発され，したがって，小容量の電源でかなり長期間のメモリーの保存ができるようになりました。そこで，このメモリーの〝1〞と〝0〞の組み合わせをDIPスイッチの代わりに使おうというのがメモリースイッチです。この方式だと，複雑な設定を，キーボードから比較的簡単に実行することが可能となります。ただし，E²P-ROMでも使わないかぎり，バックアップ電源の電圧がなくなれば，設定のやり直し，という欠点もあります。

ラジオ日本(NHK国際放送)のスケジュール

ジェネラル・サービス　3月1日～4月5日

■日本語　□英語　※：大相撲中継(3月8日～22日)　　周波数：kHz

日本時間　9　10　11　12　13　14　15　16　17　18　19　20　21　22　23　0　1　2　3　4　5　6　7　8時

送信方向	周波数
東南アジア	●17,810　11,870　9,695●　15,280　●9,695
アジア大陸	15,350　7,240　7,140　6,080　9,675
南アジア	17,845
オセアニア	15,235
北米	9,675　●5,990　●11,705
北米東部その他(カナダ・サックビル中継)	6,120
南米	●5,970　●17,755
ヨーロッパ	11,955
中東・ヨーロッパ(ガボン・モヤビ中継)	15,230　21,700　11,800

リジョナル・サービス　3月1日～4月5日

送信方向	言語	番組・周波数
アジア大陸	中国語(一部日本語)・ロシア語	6,080 K　C R 7,155　K 6,080
東南アジア	インドネシア語・英語・ベトナム語・マレー語・中国語(一部日本語)・タイ語・ビルマ語	C 9,580 7,210　11,875 15,300 I　V M C T B 9,525 11,840　15,350 11,840 I V
南アジア・アフリカ	ベンガル語・ヒンディ語・ウルドウ語・アラビア語・フランス語・スワヒリ語・英語	B H U A F S 9,535
中東・北アフリカ	ドイツ語・フランス語	G F 7,180
ヨーロッパ(◎はガボン・モヤビ中継)	ロシア語・スウェーデン語・イタリー語・ドイツ語・フランス語	11,955 ◎9,570 R S I G F
オーストラリア・ニュージーランド	英語(一部日本語)	15,235 11,875
北米東部	英語	9,525●
北米西部・中南米・ハワイ	日本語・英語・スペイン語	S 17,825 11,870●
南米	日本語・ポルトガル語・スペイン語	P S 9,525 5,970●

日本時間　9　10　11　12　13　14　15　16　17　18　19　20　21　22　23　0　1　2　3　4　5　6　7　8時

フラッシュニュース　　担当　小林 良夫

□　上表のラジオ日本の周波数スケジュールのうち●印は300kW（送信機は２台を使用）。ガボン中継は500kW，カナダ中継は250kW送信。

□　国際赤十字放送のアジア向けは３月30日（月），４月２日（木），27日（月），30日（木）に放送。

16.40：15,570，11,905，9,885，9,560kHz。
19.40：15,570，11,935，11,795，9,665kHz。

２回とも17分間の英語番組。東南アジア向けの英語は22.10～22.27に放送。17,830，15,570，11,955，11,905，9,730kHz。

□　標準電波ＪＪＹで放送した電波警報は２月23日まで連続してＮ（正常）。

5月号特集予告

4月14日発売

増幅回路の基礎と応用

電子回路の基本である増幅について，その基礎から応用例までを紹介します。最近のアナログ回路は，ほとんどがオペアンプICあるいは，アナログICが使われています。特にアナログICの中には最近ユニークなものが出現し，性能も一段とグレードアップしています。あなたの電子測定器あるいはオーディオ機器にもこれらが使われています。この特集により，増幅回路の基礎と使い方が分かります。

〔I〕増幅回路の基本事項を修得しよう

〔II〕各種増幅回路の紹介とその回路のキーポイント

(1)直流増幅回路：その必要性と問題点，実例

(2)低周波増幅回路：低ノイズ化・低レベル化例

(3)低周波増幅回路：回路方式とそのキーポイントと実例

(4)ビデオ増幅回路：必要な特性，ICの選び方，回路のキーポイントと実例

(5)多機能アンプ：回路実例とそのキーポイント

〔III〕OPアンプについて

編集後記

◆DATが，アイワ，松下電器，シャープ，ソニー，日本ビクターから発表になりました。いずれもCDからのディジタルーディジタル録音はできません。価格は18万円台から20万円以内ですが，いずれにしても，今後ぞくぞくと製品が発表されるに違いないでしょう。

◆注目のS-VHSであるが，その技術的な詳細はまだ発表されていませんが，その画質は相当なものらしい。春になると製品が発表されるので，その頃になると技術的な解説が紹介できると思います。ご期待ください。

いよいよ映像も高画質化がますます進んで，ハイビジョン，ED-TV，ID-TVと賑やかで今後が楽しみです。ご期待ください。

●バックナンバーのお知らせ

バックナンバーの在庫は，月号によって違いますが，僅少です。確実に入手していただくには，予約購読をお勧めします。なおバックナンバーご希望の方は，当社販売部へ在庫確認のうえご注文ください。

エレクトロニクスライフ

1987年4月号　通巻656号

1987年4月1日　発行

定価650円　〒75

編集・発行　日本放送出版協会

〒150 東京都渋谷区宇田川町41-1

☎03-464-7311(代表)

編集　内線279～280

販売　内線234～237

印　刷：大熊整美堂・音羽整版

製　本：石津製本

直接ご購読のしおり

ご近所の書店に本誌がない場合，また，予約購読を希望される際は，本社に直接「カワセ」または「振替口座(東京1-49701)」で(送料込みで)ご注文ください。なお，年間予約の場合の購読料金は，8,100円(送料込み)です。

＊『エレクトロニクス ライフ』の今後の資料にさせていただきます。
＊ハガキは4月30日までにお出しください。

（切りとり線）

エレクトロニクス ライフ

○本誌購読の目的について

1. 仕事に役だてる　2. 趣味として
3. その他（お書きください）

○今月号でおもしろかった記事は何ですか

○今月号の特集の内容・解説について

1. むずかしい　2. やさしすぎる　3. わかりやすく、おもしろい　4. おもしろくない

○特集のテーマでご希望は？

1. マイコン関連のハード解説　2. アナログ技術解説　3. ディジタル技術解説　4. オーディオ・ビジュアルの紹介　5. エレクトロニクス全般　6. その他（お書きください）

○興味のあるものは何ですか

1. オーディオ　2. ビデオ　3. マイコン
4. アマチュア無線　5. エレクトロニクスと製作
6. その他（お書きください）

○本誌の購読について

1. 毎月、定期的に購読する　2. 記事によって購読する

○本誌について、ご意見、ご感想をお書きください。

ご住所（〒　　－　　）TEL
（都道府県）

お名前　　年齢　　歳
1. 男性　2. 女性

ご職業
1. 会社員・公務員（技術・事務・営業・管理系）　2. 商工自営
3. 教職　4. 農林水産　5. 大学生（理工・文科系）
6. 高校生　7. 中学生　8. その他（　　）

ご購読新聞名（　　）

下記の質問にもお答えください。
1. 今までにエレクトロニクスライフを購入したことがある(　　冊ぐらい)
2. 本誌の前身「電波科学」を購入したことは(1. ある　2. ない)

※差出有効期間中は切手を貼らずにお出しください。

THE ADVANTAGE SERIES
LBO-325 OSCILLOSCOPE 60MHz
LEADER
20MHz
2現象オシロスコープ
NEW LBO-323
¥198,000

エレクトロニクスライフ　通巻656号　昭和62年4月1日発行　(毎月1回1日発行)　昭和21年12月27日第三種郵便物認可